Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

**Substituição parcial do milho pela casca de soja na alimentação de
cordeiros da raça Santa Inês em confinamento**

Evandro Maia Ferreira

**Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Agronomia. Área de concentração: Ciência
Animal e Pastagens**

Piracicaba
2008

Evandro Maia Ferreira

Zootecnista

**Substituição parcial do milho pela casca de soja na alimentação de cordeiros da
raça Santa Inês em confinamento**

Orientador:

Prof. Dr. **ALEXANDRE VAZ PIRES**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Agronomia. Área de concentração: Ciência
Animal e Pastagens

Piracicaba

2008

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Ferreira, Evandro Maia

Substituição parcial do milho pela casca de soja na alimentação de cordeiros da raça Santa Inês em confinamento / Evandro Maia Ferreira. - - Piracicaba, 2008.
80 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.
Bibliografia.

1. Alimentação animal 2. Comportamento ingestivo animal 3. Confinamento animal 4.
Cordeiros 5. Digestibilidade 6. Rúmen 7. Suplementos energéticos para animais I. Título

CDD 636.3084

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

*Aos meus pais Sebastião Araújo Ferreira e Edlacyr
Maia Ferreira pelo amor incondicional, por sempre
acreditar nos meus sonhos e pelo exemplo de vida*

Dedico

*As minhas amadas irmãs Elinne, Erica, Eneila e Elaine
com enorme carinho*

Ofereço

“A vida é normalmente comparada a uma maratona, mas acho que é mais como um sprint: longos períodos de trabalho árduo, pontuados por breves momentos em que temos a oportunidade de dar o nosso melhor.”

Michael Johnson

AGRADECIMENTOS

A Deus por sempre iluminar meus caminhos;

Aos meus pais Sebastião Araújo Ferreira e Edlacyr Maia Ferreira, às minhas irmãs Elinne, Erica, Eneila e Elaine, pelo amor, a minha avô Edla Maia, pelo enorme carrinho, e a todos os meus familiares pelo incentivo;

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/ USP), pela minha formação no curso de mestrado;

Ao Prof. Dr. Alexandre Vaz Pires, por ter me aceito no programa, pela orientação, pelos ensinamentos, pela confiança, pela amizade e incentivo em seguir na carreira acadêmica;

À Profa. Dra. Ivanete Susin, pela sempre disponibilidade em ajudar, pelas palavras de incentivo, e pelos ensinamentos;

Ao Prof. Wilson Roberto Soares Mattos e ao Prof. Luiz Gustavo Nussio, pela grandiosa contribuição na construção dos meus conhecimentos neste programa de treinamento;

Ao Prof. Dr. Irineu Umberto Packer pela eficiência em transmitir os conhecimentos e sempre disponibilidade em ajudar nas análises estatísticas;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pelo financiamento deste projeto de pesquisa e pela concessão da bolsa de estudos;

Aos amigos da pós-graduação (Grupo SIPOC), pelo exemplo de grupo de pesquisa, pela amizade recíproca, pela sempre disponibilidade em ajudar o próximo, pela troca de conhecimentos, e pelos momentos extremamente felizes vividos, Adilson, Clayton (Cirilo), Diego, Fumi, Fabiane, Gustavo (Giga), Luciana (Sfinge); Marcão, Mario Queiroz (meu parceiro da dupla dinâmica), Marlon, Michele, Michele (Miau), Rafael (Amaral), Rafael (Harry), Rafael (K-neco), Renato e Susana;

À minha querida namorada Susana Gilaverte, pela ajuda na condução do experimento, pelo carinho, companheirismo, compreensão, e pelos momentos felizes ao longo desta caminhada;

Aos funcionários do SIPOC, pela ajuda durante a condução do experimento, Adílson (Zica), Alexandre, Joseval, Marcos, Roberto e Dona Ilda;

À Dra. Carla Maris Bittar e ao Carlos César Alves, pelo auxílio durante a realização das análises laboratoriais, pela amizade e sempre disponibilidade em ajudar;

À Eliana e a Silvia da Seção de Referência da ESALQ/USP Divisão de Biblioteca e Documentação, pelo auxílio na correção deste trabalho;

A todo o pessoal do Departamento de Zootecnia, em especial, Giovana, pela receptividade e dedicação;

À Universidade Federal do Tocantins (UFT), em especial ao Prof. Dr. Antonio Clementino dos Santos pela orientação durante a iniciação científica e exemplo de ser humano;

Ao grande amigo desde os tempos de Escola Agrícola, Leandro Coelho de Araújo pela agradável convivência ao longo destes anos;

Aos amigos da república pão de queijo Renato (Fofo), Rafael (Purpurina), José Eduardo (Mineiro), José Thiago (Neto), por ter me acolhido e pelos momentos divertidos;

As amigas da república pão de mel Cynthia, Susana e Viviane pela agradável amizade;

Enfim, a todos que de forma direta ou indireta colaboraram para a realização deste trabalho, e desta etapa da minha vida, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	13
LISTA DE FIGURAS	15
LISTA DE TABELAS	17
LISTA DE ABREVIATURAS.....	19
1 INTRODUÇÃO	21
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
2.1 Características da casca de soja e seu uso na ração de ruminantes.....	23
2.2 Fermentação ruminal	25
2.3 Digestibilidade dos nutrientes.....	26
2.4 Taxa de passagem e consumo	28
2.5 Desempenho animal	30
Referências	32
3 DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES, BALANÇO DE NITROGÊNIO E PARÂMETROS RUMINAIS DE CORDEIROS DA RAÇA SANTA INÊS ALIMENTADOS COM CASCA DE SOJA EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL AO MIHO.....	37
Resumo	37
Abstract	37
3.1 Introdução	38
3.2 Material e Métodos	39
3.2.1 Animais e instalações experimentais	39
3.2.2 Período experimental e tratamentos	39
3.2.3 Manejo alimentar e colheita de amostras	41
3.2.4 Cálculos da digestibilidade aparente dos nutrientes e do balanço de nitrogênio ..	42
3.2.6 Colheita de sangue	44
3.2.7 Análise estatística	44
3.3 Resultados e discussões.....	45
3.4 Conclusões.....	56
Referências	57

4 DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DA CARÇAÇA E COMPORTAMENTO INGESTIVO DE CORDEIROS DA RAÇA SANTA INÊS ALIMENTADOS COM CASCA DE SOJA EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL AO MILHO	61
Resumo	61
Abstract.....	61
4.1 Introdução.....	62
4.2 Material e Métodos	63
4.2.1 Animais e instalações experimentais	63
4.2.2 Período experimental e tratamentos	63
4.2.3 Comportamento ingestivo dos animais	66
4.2.4 Abate dos animais e avaliação da carcaça.....	67
4.2.5 Análises de custo com alimentação.....	67
4.2.6 Análise Estatística.....	68
4.3 Resultados e discussão	68
4.3.1 Desempenho animal	68
4.3.2 Características da carcaça	70
4.3.3 Comportamento ingestivo	72
4.3.4 Análises de custo com alimentação.....	74
4.4 Conclusões	76
Referências.....	76

RESUMO

Substituição parcial do milho pela casca de soja na alimentação de cordeiros em confinamento

Foram realizados dois experimentos com o objetivo de avaliar o efeito da substituição parcial do milho pela casca de soja (CS) sobre o desempenho, o comportamento ingestivo, as características da carcaça, a digestibilidade aparente dos nutrientes, o balanço de nitrogênio, os parâmetros ruminais e sangüíneos de cordeiros da raça Santa Inês. O tratamento controle (CS0) foi uma ração contendo 70% de milho (% da MS), sendo o milho substituído em 15%, 30% e 45% pela CS, constituindo os tratamentos CS0, CS15, CS30 e CS45, respectivamente. As rações experimentais foram isonitrogenadas ($19,12 \pm 0,60\%$ de PB), contendo 90% de concentrado e 10% de feno de “coastcross” (*Cynodon* sp.). No Experimento I (digestibilidade, balanço de nitrogênio, parâmetros ruminais e sangüíneos): foram utilizados 16 cordeiros, canulados no rúmen com peso médio inicial de $44,3 \pm 5$ kg e aproximadamente 6 meses de idade, distribuídos em delineamento experimental de blocos completos casualizados. O consumo de MS, MO, FDN, FDA e PB em kg/dia e g/kg de $PC^{0,75}$, bem como o consumo de NDT em kg/dia, de ED em Mcal/dia aumentaram linearmente ($P < 0,05$) com a inclusão de CS. A retenção de nitrogênio reduziu linearmente ($P < 0,05$) e a concentração de propionato no fluido ruminal apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$), tendo-se máxima concentração no tratamento CS15. Enquanto que, o consumo de EE g/kg de $PC^{0,75}$, os valores de NDT em % da MS, a concentração de ED em Mcal/kg de MS, os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, CNF, PB e EE, e a concentração total dos AGCC e de amônia no fluido ruminal não foram afetados pelos tratamentos. No experimento II (desempenho, características de carcaça e comportamento ingestivo): foram utilizados 64 cordeiros com peso inicial de $18,3 \pm 2,8$ kg e idade de 69 ± 5 dias, distribuídos em delineamento experimental de blocos completos casualizados, com dois animais por baia e 8 baias por tratamento. O GMD, as características da carcaça e os tempos gastos com as atividades de ingestão (min/g de MS), ruminação (min/dia e min/g de MS) e mastigação (min/dia) não foram afetados pelos tratamentos. O consumo de MS e de FDN, a CA, e os tempos gastos com ruminação (min/g de FDN) e mastigação (min/g de MS) aumentaram linearmente ($P < 0,05$) com a inclusão de CS. A inclusão de CS na ração, em substituição parcial ao milho, aumentou o consumo dos nutrientes e de energia digestível, e melhorou o pH ruminal, sem afetar o GMD e as características da carcaça dos cordeiros. Entretanto, reduziu a retenção de nitrogênio e piorou a CA.

Palavras-chave: Casca de soja; Milho; Desempenho; Digestibilidade; Rúmen; Comportamento ingestivo

ABSTRACT

Partial replacement of corn by soybean hulls fed to feedlot lambs

Two experiments were conducted to evaluate the effects of partial replacement of corn by soybean hulls (SH) on performance, carcass characteristics, ingestive behavior, apparent digestibility of nutrients, nitrogen balance and ruminal and blood parameters of Santa Ines lambs. The control treatment (SH0) was a diet containing 70% of corn on a DM basis. On the others diets corn was replaced by SH at 15, 30 and 45%, corresponding to the experimental treatments SH0, SH15, SH30 and SH45, respectively. All diets were isonitrogen ($19.12 \pm 0.60\%$ of CP), containing 90% of concentrate and 10% "coastcross" hay (*Cynodon* sp.). In Trial 1 (apparent digestibility of nutrients, nitrogen balance, ruminal and blood parameters), sixteen Santa Ines ram lambs (BW 44.0 ± 5.0 kg and 6 months old) were allotted individually in suspended metabolism crates, assigned to a complete randomized block design. DM, OM, NDF, ADF and CP intake (kg/day and g/kg of BW^{0.75}), and also TDN intake (kg/day), DE intake (kg/day), increased linearly ($P < 0.05$) with SH addition. Nitrogen retention decreased linearly ($P < 0.05$) and propionate concentration (mM) showed a quadratic response ($P < 0.05$). There was no effect on EE intake (g/kg of BW^{0.75}), TDN values (% of DM), DE concentration (Mcal/kg of DM), apparent digestibility of DM, NFC, CP, EE, and ruminal ammonia and total SCFA concentrations. In Trial 2 (performance, carcass characteristics and ingestive behavior), sixty-four Santa Ines lambs (BW 18.3 ± 2.8 kg and 69 ± 5 days old) were penned (2/pen) and used in a complete randomized block with four treatments and eight replicates. ADG, carcass characteristics and the times expended in ingestion (min/g of DM), rumination (min/day and min/g of DM) and chewing (min/day) activities there was no effect treatments. DMI and NDF intake, FC and the times expended in rumination (min/g of NDF) and chewing (min/g of DM) increased linearly ($P < 0.05$) with SH addition. SH inclusion in the diet at replacing corn, increased nutrients and DE intake and improved ruminal pH. with no detrimental effect on ADG and carcass characteristics. However, decreased nitrogen retention and worsened the FC.

Keywords: By-products; Corn; Performance; Digestibility; Rumen; Ingestive behavior

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Concentração molar total dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no fluido ruminal de cordeiros Santa Inês em função da inclusão de CS nas rações em substituição parcial ao milho e das horas após a alimentação.....51
- Figura 2 - Concentração molar de acetato no fluido ruminal de cordeiros Santa Inês em função da inclusão de CS nas rações em substituição parcial ao milho e das horas após a alimentação52
- Figura 3 - Concentração molar de propionato no fluido ruminal de cordeiros Santa Inês em função da inclusão de CS nas rações em substituição parcial ao milho e das horas após a alimentação52
- Figura 4 - Relação acetato/propionato no fluido ruminal de cordeiros Santa Inês em função da inclusão de CS nas rações em substituição parcial ao milho e das horas após a alimentação53
- Figura 5 - pH do fluido ruminal de cordeiros Santa Inês em função da inclusão de CS nas rações em substituição parcial ao milho e das horas após a alimentação54
- Figura 6 - Concentração de nitrogênio amoniacal no fluido ruminal de cordeiros Santa Inês em função da inclusão de CS nas rações em substituição parcial ao milho e das horas após a alimentação.....55
- Figura 7 - Concentração de nitrogênio uréico no plasma sangüíneo de cordeiros Santa Inês em função da inclusão de CS nas rações em substituição parcial ao milho e das horas após a alimentação56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Proporção dos ingredientes e composição química das rações experimentais (% MS)	40
Tabela 2 - Peso corporal, peso metabólico e consumo de nutrientes por cordeiros Santa Inês alimentados com rações contendo casca de soja em substituição parcial ao milho	46
Tabela 3 - Digestibilidade dos nutrientes, consumo de nutrientes digestíveis totais e de energia digestível por cordeiros Santa Inês alimentados com rações contendo casca de soja em substituição parcial ao milho.....	47
Tabela 4 - Consumo e balanço de nitrogênio em cordeiros Santa Inês alimentados com rações contendo casca de soja em substituição parcial ao milho	49
Tabela 5 - Parâmetros ruminais e sangüíneos de cordeiros Santa Inês alimentados com rações contendo casca de soja em substituição parcial ao milho	50
Tabela 6 - Proporção dos ingredientes e composição química das rações experimentais (% MS)	65
Tabela 7 - Fracionamento e tamanho médio de partículas (TMP) das rações experimentais.....	66
Tabela 8 - Desempenho de cordeiros Santa Inês alimentados com rações contendo casca de soja em substituição parcial ao milho.....	69
Tabela 9 - Parâmetros da carcaça de cordeiros Santa Inês alimentados com rações contendo casca de soja em substituição parcial ao milho	71

Tabela 10 - Comportamento ingestivo de cordeiros Santa Inês alimentados com rações contendo casca de soja em substituição parcial ao milho.....	73
Tabela 11 - Custo dos ingredientes das rações experimentais	74
Tabela 12 - Custo das rações experimentais.....	75
Tabela 13 - Custo com alimentação de cordeiros Santa Inês recebendo rações contendo casca de soja em substituição parcial ao milho.....	75

LISTA DE ABREVIATURAS

AGCC – Ácidos graxos de cadeia curta
AOL – Área de olho de lombo
CA – Conversão alimentar
CCNF – Consumo de carboidratos não fibrosos
CED – Consumo de energia digestível
CEE – Consumo de extrato etéreo
CFDA – Consumo de fibra em detergente ácido
CFDN – Consumo de fibra em detergente neutro
CMO – Consumo de matéria orgânica
CMS – Consumo de matéria seca
CNDT – Consumo de nutrientes digestíveis totais
CNF – Carboidratos não fibrosos
CPB – Consumo de proteína bruta
CS – Casca de soja
ED – Energia digestível
EM – Energia metabolizável
EE – Extrato etéreo
EG – Espessura de gordura
EPM – Erro padrão da média
FDA – Fibra em detergente ácido
FDN – Fibra em detergente neutro
FDNfe – Fibra em detergente neutro fisicamente efetiva
GMD – Ganho médio diário
MM – Matéria mineral
MO – Matéria orgânica
MS – Matéria seca
N – Nitrogênio
N-NH₃ – Nitrogênio amoniacal
NDT – Nutrientes digestíveis totais
PB – Proteína bruta

PCF – Peso da carcaça fria

PCQ – Peso da carcaça quente

pH – Potencial hidrogeniônico

PC – Peso corporal

$PC^{0,75}$ – Peso metabólico

PCA – Peso corporal ao abate

QR – Quebra por resfriamento

RCF – Rendimento de carcaça fria

RCQ – Rendimento de carcaça quente

TMP – Tamanho médio de partícula

1 INTRODUÇÃO

O aumento no consumo de carne ovina, verificado principalmente nos grandes centros urbanos do Sudeste, gera a necessidade de intensificar a produção de cordeiros a fim de manter constante o suprimento de carne no mercado. O uso do confinamento na fase de terminação acelera a produção de cordeiros e ao mesmo tempo torna sua oferta mais constante ao longo do ano. Além disso, o alto custo da terra, a reduzida área de pastagem e sua competição com outras culturas também justificam o emprego do confinamento como uma prática bastante atraente no Estado de São Paulo.

Em sistemas de confinamento de cordeiros alimentados com rações com alta proporção de concentrado, o milho representa a principal fonte de energia da ração. Estando a rentabilidade da exploração dependente da variação do preço dessa fonte de alimento.

As tendências mundiais de demanda com referência as “commodities” bioenergéticas, entre elas o milho, são elevadas. Conforme projeção do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, a curva de demanda de milho para o etanol sinaliza um crescimento bastante agressivo até 2010, com estimativa de saltar de 55 milhões para 80 milhões de toneladas. O que pode provocar elevação de preço deste cereal, podendo tornar inviável seu uso na alimentação de ruminantes. Assim, há a necessidade de se buscar novas fontes alimentares para os ruminantes, principalmente a utilização de resíduos agroindustriais.

A casca de soja (CS) surge como uma potencial fonte a ser explorada, já que é obtida do processamento do grão de soja, cultura de suma importância ao agronegócio brasileiro. Além do benefício econômico, com a redução dos custos de alimentação, o uso da CS nas rações de ruminantes, tem demonstrado benefícios principalmente sobre a digestão da fibra e melhorias no padrão de fermentação ruminal.

No entanto, a maioria dos trabalhos que avaliaram o uso de CS em substituição ao milho utilizou rações com menor proporção de concentrado que a utilizada neste experimento, sendo necessário verificar se os benefícios do uso da CS sobre a digestibilidade da fração fibrosa do alimento é suficiente para equiparar o seu valor nutricional ao do milho, uma vez que o ganho nutricional com a melhoria na

digestibilidade da fibra é menor em rações com alta proporção de concentrado. Sendo ainda importante avaliar os impactos que a substituição do milho pela CS, com concomitante redução no teor de amido e aumento no teor de fibra digestível causa sobre o ambiente ruminal, bem como sobre o comportamento ingestivo dos animais.

Este experimento teve por objetivo avaliar a substituição parcial do milho pela CS em rações com alta proporção de concentrado sobre o desempenho, o comportamento ingestivo, as características de carcaça, a digestibilidade aparente dos nutrientes no trato digestório total, o balanço de nitrogênio, os parâmetros ruminiais e sangüíneos de cordeiros da raça Santa Inês.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Características da casca de soja e seu uso na ração de ruminantes

A CS é o envoltório do grão de soja que é separado no processo industrial. A cada tonelada de soja que é processada, cerca de 2% é transformada no resíduo, casca de soja. No entanto, esta porcentagem pode variar de 0 a 3%, de acordo com a proteína da soja que foi esmagada. Quando o teor de proteína é elevado, não há necessidade de retirar a casca de soja do farelo. Entretanto, se o teor de proteína do grão for baixo, esta necessidade se caracteriza para elevar o teor de proteína deste (ZAMBOM et al., 2001).

De acordo com o NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC (2007), a CS apresenta na base seca, 13,0% de proteína bruta (PB); 77,0% de nutrientes digestíveis totais (NDT); 2,6% de extrato etéreo (EE); 62,0% de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e 46% de fibra insolúvel em detergente ácido (FDA). Entretanto, a composição química da CS “limpa” (retirado resíduos de farelos, grãos e impurezas da industrialização) apresenta valor médio de 9,0% de PB; 69,9% de FDN e 42,3% de FDA. A fração fibrosa da CS, contém relativamente grande quantidade de celulose (~43% da MS) e hemicelulose (~18% da MS) e baixas quantidades de lignina, variando de 1,4% da MS (MULLIGAN et al., 1999) a 3,9% da MS (ANDERSON et al., 1988) e de amido (~2,9%) (IPHARRANGUERRE; CLARK, 2003).

Ruminantes consumindo forragens de baixa ou média qualidade podem ter seu desempenho comprometido pelo consumo de energia (ANDERSON et al., 1988). Assim, a forma mais usual de se elevar o consumo de energia, visando à maximização do desempenho, é através do aumento dos teores de concentrado na ração, sendo o milho o ingrediente comumente utilizado.

O uso de grãos de cereais pode reduzir a digestão da fração fibrosa da ração (MERTENS; LOFTEN, 1980; VAN SOEST, 1994) e diminuir o consumo de matéria seca (CMS) (PORDOMINGO; WALLACE; FREEMAN, 1991). Mertens e Loften (1980) sugeriram que o mecanismo primário causador da diminuição da digestão *in vivo* da

fibra é a menor atividade das bactérias celulolíticas, sendo isto, devido à condição ácida do rúmen promovida pela rápida fermentação do amido.

A CS, por sua vez, é um alimento praticamente livre de amido, sendo extensivamente digerida no rúmen (HSU et al., 1987). Assim, sua utilização como tentativa de aumentar o teor energético de uma ração tem sido amplamente estudada. Contudo, a energia digestível (ED) da CS é inferior à do milho, sendo 3,4 e 3,9 Mcal/kg, respectivamente. Quando comparada ao sorgo, a energia digestível da CS é 3,4 e 3,6 Mcal/kg, respectivamente (NRC, 2007).

Estudos sobre a utilização da CS como substituto dos grãos de cereais são promissores devido à elevada digestibilidade da sua fração FDN, à elevada produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) fruto da fermentação ruminal e aos benefícios que a CS pode vir a promover sobre a digestão da fibra e sobre o controle do pH ruminal (LUDDEN; CECAVA; HENDRIX, 1995).

A CS, em rações com alto teor de concentrado para vacas leiteiras, pode substituir o milho em valores ao redor de 30% da MS, sem que haja efeitos negativos, sobre a fermentação ruminal, sobre a digestão dos nutrientes no trato digestório total, bem como sobre a produção de leite (IPHARRAGUERRE; CLARK, 2003).

A CS, devido ao seu alto teor de FDN (NRC, 2007), e baixo teor de lignina (ANDERSON et al., 1988; MULLIGAN et al., 1999), é também usada como substituto às fontes de forragem tradicionais, permitindo-se aumentar a disponibilidade de energia no rúmen. Araujo (2006) verificou aumento no CMS e na produção de leite de ovelhas quando incluiu 54% de CS na MS da ração em substituição a 67% de *feno de coastcross*, entretanto a substituição total do feno pela CS resultou em redução no CMS e na produção de leite. Demonstrando que apesar das características peculiares da CS, uma quantidade mínima de fonte de fibra de forragem deve ser incluída na ração, conforme sugerido pelo NRC (2001).

A casca dos grãos são consideradas resíduos devido à sua baixa digestibilidade. No entanto, a CS tem sido considerada um suplemento energético, pois o seu fornecimento aos ruminantes permite desempenhos muitas vezes comparáveis aos do milho, devido à boa digestibilidade da parede celular, basicamente composta por celulose (HSU et al., 1987). Outros autores a consideram um ingrediente volumoso-

concentrado (TAMBARA et al., 1995) por possuir elevado teor de fibra e, dentro de certos limites, funcionar como um grão de cereal em termos de disponibilidade de energia (NAKAMURA; OWEN, 1989; SARWAR; FIRKINS; EASTRIDGE, 1991).

2.2 Fermentação ruminal

A inclusão de CS na ração de vacas leiteiras resulta em padrão de fermentação ruminal que mantém ou aumenta a concentração ruminal total dos AGCC (IPHARRAGUERRE; CLARK, 2003). A grande quantidade de FDN facilmente fermentada no rúmen contida na CS permite uma maior extensão de fermentação ruminal, o que possivelmente resulta em maior concentração de AGCC quando comparada com rações ricas em forragem (SARWAR; FIRKINS; EASTRIDGE, 1992).

Segundo Ipharraguerre e Clark (2003), quando a CS substitui fontes de forragem entre 5 e 25% da MS da ração, verifica-se aumento da proporção molar de propionato no fluido ruminal, sem contudo haver alterações na proporção molar de acetato e butirato. A variação da proporção molar de acetato e butirato também não foi verificada quando a CS substituiu fontes de forragem em rações contendo mais de 50% de volumoso (WEIDNER; GRANT, 1994a; WEIDNER; GRANT, 1994b). Por outro lado, em rações contendo menos de 50% de volumoso, a inclusão de CS promoveu uma redução significativa da proporção molar de acetato (SARWAR; FIRKINS; EASTRIDGE, 1991; SARWAR; FIRKINS; EASTRIDGE, 1992) e butirato (CUNNINGHAM; CECAVA; JONHSON, 1993). Por sua vez, Weidner e Grant (1994a) verificaram aumento na produção total de AGCC ao incluírem CS na ração, juntamente com diminuição da relação acetato/propionato.

A substituição do feno por CS em até 60% da MS aumentou a produção total dos AGCC e reduziu o pH do fluido ruminal (GRIGSBY et al., 1992), sendo que a redução no pH foi relacionada ao aumento nas taxas de desaparecimento *in situ* da MS entre 2 e 4 horas de incubação. De acordo com Hsu et al. (1987), a fibra da CS altamente fermentescível no rúmen apresenta padrão de fermentação semelhante ao de alimentos concentrados. Utilizando uma ração com 80% de CS, esses autores verificaram pH de 5,4, concentração total dos AGCC, ácido acético, ácido propiônico e ácido butírico de

134,8; 59,6; 23,8; e 11,2 mM, respectivamente. A proporção acetato:butirato verificada foi de 2,6. Consistente com esta informação, a substituição do milho pela CS em rações contendo 40% de volumoso, não afetou a produção dos AGCC e o pH ruminal (ZERVAS et al., 1998). Em rações com 57% de volumoso Grigsby et al. (1993) também não verificaram efeito da substituição do milho pela CS sobre a produção de propionato, a concentração total dos AGCC e o pH ruminal, entretanto, verificaram maiores concentrações de acetato para as rações com maiores teores de CS.

2.3 Digestibilidade dos nutrientes

Utilizando vacas Holandesas canuladas, Hsu et al. (1987) verificaram, através do método *in situ*, desaparecimento da MS da CS de 64,4; 90,6 e 100% nas primeiras 12, 27 e 36h, respectivamente, com taxa de desaparecimento média de 7,7%/h. Por sua vez, Anderson et al. (1988) citaram taxa de degradação média de 6,6%/h.

Hsu et al. (1987), em experimento *in vivo* utilizando ovinos de corte canulados alimentados com ração contendo 80% de CS na MS, quantificaram uma digestibilidade aparente no trato digestório total (DATT) de 74,2% para a MS, 61% para a fração PB e 71,6% para a fração FDN. Ao avaliarem a digestibilidade *in vitro* por 48h da fibra bruta (FB) da CS moída e da CS floculada, Quicke et al. (1959) encontraram valores que variaram entre 95 e 97%. Todavia, a digestibilidade *in vivo* da fração FB foi de 57 a 60% quando a CS ou a CS floculada foi fornecida para ovinos como única fonte de alimento, sem nenhuma adição de volumoso ou concentrado. Por fim, quando a CS foi incubada no rúmen por 30h, a digestibilidade média da FB foi de 96%.

Utilizando a CS moída como alimento exclusivo para ovinos, Tambara et al. (1995) obtiveram valores de 69,3% para a digestibilidade *in vitro* da MS. Sendo que a digestibilidade aparente no trato digestório total da MS foi de 65,4%. Por sua vez, Silva et al. (2004) verificaram que a digestibilidade *in vitro* da MS e da FDN foi de 76,9% e 85,7%, respectivamente. Ao passo que a digestibilidade *in situ* das mesmas frações foi de 64,8% e 57,4%, respectivamente.

Johnson et al. (1959) notaram que as fezes de ovinos alimentados com CS floculada continham consideráveis quantidades de celulose altamente digestível (60 a

80% de digestibilidade *in vitro*), enquanto que as fezes de ovinos alimentados com volumosos continham celulose com apenas 0 a 20% de digestibilidade *in vitro*. Assim, pode-se concluir que a fermentação da CS pelos microorganismos ruminais é relativamente rápida e quase que totalmente completa. Todavia, a digestibilidade ruminal *in vivo* da CS é muito menor do que a fermentação *in vitro* e *in situ* (ANDERSON et al., 1988; HINTZ et al., 1964; HSU et al., 1987; JOHNSON; KLOSTERMAN; SCOTT, 1962; QUICKE et al., 1959). Vale frisar que essas diferenças são ainda maiores quando a CS é oferecida como única fonte de alimento ou quando perfaz a maior parte da ração (IPHARRAGUERRE; CLARK, 2003). Um dos fatores para explicar este efeito é o aumento da taxa de passagem ruminal, à medida que a CS é incluída na ração (MULLIGAN et al., 1999; NAKAMURA; OWEN, 1989).

Para avaliar os efeitos da utilização de CS em rações ricas em forragem Grigsby et al. (1992) substituíram feno por CS em até 60% da MS, e verificaram aumento linear na digestibilidade da parede celular, no ruminal e no trato digestório total, mesmo com o aumento na concentração de parede celular na ração de 66,2% para o tratamento sem adição de CS para 78,5% para a ração com maior inclusão de CS, os autores concluíram que a CS pode aumentar a disponibilidade de energia sem provocar efeito associativo negativo sobre a digestão da fibra. Pantoja et al. (1994) e Weidner e Grant (1994) também verificaram efeito benéfico da substituição de fontes de forragens por CS.

Com relação à utilização da CS em substituição ao milho, estudos indicam que a inclusão de CS aumenta consistentemente a digestibilidade da FDN no trato digestório total (CUNNINGHAM et al., 1993; ELLIOT et al., 1995; GRIGSBY et al., 1993; MACGREGORY; OWEN, 1976; SARWAR; FIRKINS; EASTRIDGE, 1992 e ZERVAS et al., 1998).

O aumento na digestibilidade da FDN com a inclusão de CS em substituição ao milho na ração pode estar associado com a composição da FDN da CS (FIRKINS, 1997), com a redução do efeito associativo negativo do milho sobre a digestão da fibra (NAKAMURA; OWEN, 1989; SARWAR; FIRKINS; EASTRIDGE, 1992), ou com ambos os fatores.

Os mecanismos pelos quais a inclusão de CS em substituição ao milho promove efeito associativo positivo sobre a digestibilidade da fibra não estão claramente elucidados. Porém, a diminuição pH ($<6,0$) ocasionado pelo fornecimento de fontes de carboidratos altamente fermentescíveis é um dos fatores que causa esta redução (GRANT; WEIDNER, 1992). Contudo, outros fatores parecem estar envolvidos. Visto que Cunningham et al. (1993), Ipharraguere et al. (2002), e Pantoja et al. (1994) encontraram que o pH do fluido ruminal dos animais alimentados com rações contendo CS em substituição ao milho foi numericamente menor que o valor limiar preconizado para que haja máxima digestão da FDN, embora, o tratamento controle (milho) resultasse em pH ruminal numericamente maior que 6,0 a digestibilidade da FDN foi aumentada com a inclusão de CS.

Além disso, alguns estudos verificaram redução na digestibilidade da fibra quando o pH do fluido ruminal foi mantido entre 6,2 e 6,8 (GRANT, 1997; PIWONKA; FIRKINS, 1993). Piwonka e Firkins (1996) avaliaram o efeito da glicose ou produtos da fermentação da glicose sobre a digestibilidade da fibra *in vitro* mantendo o pH $>6,2$ e concluíram que os produtos da fermentação da glicose reduziram a taxa de digestão da FDN, apesar de não ter influenciado a extensão de digestão em 96 h. Estes estudos indicaram que os produtos oriundos da digestibilidade do amido pode ter um efeito direto sobre a redução na digestibilidade da fibra.

2.4 Taxa de passagem e consumo

Devido ao reduzido tamanho de partícula, a rápida fermentação ruminal e a alta gravidade específica quando hidratada (WEIDNER; GRANT, 1994a), uma elevada inclusão de fibras oriundas de fontes não forragem (FFNF) na ração pode promover aumento na taxa de passagem, e reduzir a digestibilidade ruminal da fração FDN (GRANT, 1997).

A influência das características físicas de um alimento sobre sua taxa de passagem é comprovada por estudos utilizando partículas plásticas dentro do rúmen, informando que o tamanho de partícula e a gravidade específica explicaram,

respectivamente, 28 e 59% da variação no tempo de retenção dessas partículas dentro do retículo-rúmen de ovinos (KASKE; VON ENGLEHART, 1990).

A gravidade específica de várias fontes de fibra oriundas de não forragem (FFNF) varia de 1,4 a 1,5. Kaske e Von Englehardt (1990) verificaram que partículas plásticas de 1,0 mm de comprimento com densidade de 1,44 escaparam do rúmen 24 vezes mais rápido do que partículas com densidade entre 0,92 e 1,03. Como na maioria das vezes o tamanho de partícula de várias FFNF é menor do que o mínimo necessário para se evitar o rápido escape ruminal, conclui-se que o papel da gravidade específica deve ser mais importante na determinação da taxa de passagem ruminal (GRANT, 1997). Dados de experimentos com bovinos demonstraram que partículas com gravidade específica média de 1,2 a 1,5 tem maior taxa de passagem (MURPHY; KENNEDY; WELCH, 1989). Valores de gravidade específica para a CS variaram entre 1,4 e 1,5 durante 27 horas de incubação *in vitro*. Weidner e Grant (1994a) mensuraram que a gravidade específica inicial de 60% das partículas da CS variou entre 1,2 e 1,4 e, após 3 horas de incubação, o valor para a maioria das partículas foi de 1,4.

Consistente com essas informações, Nakamura e Owen (1989) verificaram que a taxa de passagem aumentou em 8% quando a inclusão de CS na ração aumentou de 50 para 95,3%, em substituição a uma mistura concentrada. De maneira semelhante, Mulligan et al. (1999) alimentaram bovinos com rações contendo 83% de CS sob dois planos nutricionais de consumo: o exigido para manutenção e o dobro do exigido para manutenção, e verificaram que a taxa de passagem do rúmen aumentou em 12% para a ração de maior consumo. Assim, como esperado, o CMS e a taxa de passagem foram diretamente proporcionais.

Além do reduzido tamanho de partícula e da gravidade específica a menor densidade energética da CS em relação ao milho (NRC, 2007) também pode contribuir para o aumento no CMS. Ludden, Cecava e Hendrix (1995) verificaram redução linear na % de energia digestível da ração quando incluíram CS em até 60% da MS, entretanto, não observaram efeito da inclusão de CS sobre o consumo de energia digestível em Mcal/dia, visto que o animal compensou a menor densidade energética da ração aumentando o CMS.

Outro fator a ser especulado quanto ao efeito da inclusão de CS em substituição ao milho na ração sobre o CMS seria a ocorrência de limitação física do CMS, visto que o teor de FDN da CS é superior ao do milho (NRC, 2007). Entretanto, considerando a afirmativa de Mertens (1992) de que o CMS está negativamente correlacionado com a concentração de FDN quando o enchimento ruminal limita à ingestão e positivamente correlacionado quando a energia é o fator limitante, pode-se concluir que, em rações em que a CS substitui o milho, a redução da densidade energética é mais importante do que o enchimento físico em determinar o CMS.

2.5 Desempenho animal

A utilização de CS na alimentação e no desempenho de ovinos ainda é muito pouco explorada, mas alguns autores demonstraram aumento no ganho de peso médio diário (GMD) de cordeiros quando incluíram esse co-produto em rações com alta proporção de concentrado (HEJAZI et al., 1999; TURINO et al., 2007) ou quando substituíram fontes de volumoso por CS (HSU et al., 1987; MORAIS et al., 2007).

Anderson et al. (1988) concluíram que os valores de energia líquida do milho e da CS são equivalentes numa situação de rações com alta proporção de forragem, devido à redução dos efeitos associativos que o milho causa sobre a digestão da fibra. Entretanto, é importante salientar que a maneira como a CS é utilizada na formulação de rações, juntamente com o tipo de ração (quantidades de volumosos e concentrados), influencia o seu valor energético e o desempenho dos animais.

Com rações contendo 55% de volumoso a substituição de 55% do milho pela CS não afetou o CMS ou o GMD de bovinos de corte (MENDES et al., 2005). Consistente com os resultados obtidos por Ezequiel et al. (2006) e Restle et al. (2006) que também não verificaram efeito da substituição parcial do milho pela CS sobre o GMD e o CMS de bovinos de corte alimentados com rações contendo 50% de volumoso.

Embora tenha ocorrido aumento linear no CMS, Fischer e Mühlbach (1999) não verificaram diferenças significativas no GMD e na conversão alimentar (CA) de novilhas de corte, quando substituíram 75% do milho pela CS em rações com silagem de milho.

Ao substituir a FDN de silagem de milho por CS em rações para vacas leiteiras de alta produção, contendo 16,5% de silagem de milho ou 16,5% de CS na matéria seca total, com redução da participação de FND de forragem original de 18% para 12% nas dietas contendo silagem de milho ou CS, respectivamente, Miron et al. (2003), observaram que não houve diferença na produção de leite, porém, ocorreu aumento na concentração de gordura no leite, nas rações contendo CS. Os autores atribuíram estes resultados a maior extensão da digestão da MO, FDN, celulose e hemicelulose, provavelmente devido à maior digestibilidade dos polissacarídeos da FDN presentes na CS (MIRON; YOSEF; BEN-GHEDALIA, 2001). Maiores digestibilidade da celulose e da hemicelulose, usualmente resultam em maior produção de acetato pelas bactérias celulolíticas no rúmen (CHESSON; FORSBERG, 1997), que pode ser usado como precursor para síntese de gordura na glândula mamária.

Numa situação em que as rações continham alta proporção de concentrado, Hejazi et al. (1999) avaliaram os efeitos do processamento do milho e da CS no desempenho de cordeiros confinados e verificaram que o CMS e o GMD foram maiores para os animais alimentados com as rações que continham CS (10% da MS) comparados à ração com 100% concentrado. Os autores sugeriram que a adição de uma fonte de fibra pode aumentar o CMS e o GMD quando comparados com rações de alta proporção de concentrado, seja a fonte de fibra moída ou peletizada.

Ludden, Cecava e Hendrix (1995) tentaram estimar um valor para a CS como substituto do milho em rações com alta proporção de concentrado. Os autores verificaram decréscimo linear no GMD e aumento no CMS à medida que o milho foi substituído pela CS (0 a 60%), com conseqüente diminuição da eficiência alimentar.

Resultados semelhantes foram obtidos por Loest, Titgemeyer e Drouillard (2001) que avaliaram o desempenho de novilhas de corte alimentadas com ração controle, contendo 91,6% de CS e outra à base de milho (76,6% MS). Os autores verificaram que os animais alimentados com altas proporções de CS, apresentaram menores GMD e eficiência alimentar (29% e 27%, respectivamente).

Hsu et al. (1987), com ovinos de corte, compararam rações contendo 70% de milho ou 70% de CS e obtiveram valores semelhantes de GMD (0,20 kg/dia para milho x 0,22 kg/dia para CS) e CA para as duas rações. Entretanto, os ovinos alimentados

com CS tiveram maior CMS (1,36 kg/dia para milho x 1,80 kg/dia para CS). Os mesmos autores verificaram resultados semelhantes ao trabalharem com bovinos de corte.

Com baixas taxas de substituição em rações com alta proporção de concentrado, a CS não compromete o desempenho quando comparada ao milho, por reduzir transtornos metabólicos, de tal modo que aumenta a disponibilidade energética de outros nutrientes da ração. Porém, com altas taxas de substituição (acima de 20% MS da ração) o desempenho pode ser comprometido (LUDDEN; CECAVA; HENDRIX, 1995). Diante disso, os autores concluíram que, quando incluída em rações com alta proporção de ingredientes concentrados com moderada ou altas quantidades de milho, a CS tem valor alimentar estimado de 74 a 80% do valor do milho.

Referências

- ANDERSON, S.J.; MERRIL, J.K.; MCDONNELL, M.L.; KLOPFENSTEIN, T.J. Digestibility and utilization of mechanically processed soybean hulls by lambs and steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 66, n. 11, p. 2965-2976, 1988.
- ARAUJO, R.C. **Produção de leite e atividade ovariana pós-parto de ovelhas Santa Inês alimentadas com casca de soja em substituição ao feno de “coastcross” (Cynodon sp.)**. 2006. 136 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo.
- CHESSON, A.; FORSBERG, C.W. Polysaccharides degradation by rumen microorganisms. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. (Ed.). **The rumen microbial ecosystem**. 2nd ed. London: Blackie, 1997. p. 329-381.
- CUNNINGHAM, K.D.; CECAVA, M.J.; JONHSON, T.R. Nutrient digestion, nitrogen and amino acids flows in lactating cows fed soybean hulls in place of forage or concentrate. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 76, n. 11, p. 3523-3535, 1993.
- ELLIOTT, J.P.; DRACKLEY, J.K.; FAHEY, J.R.; SHANKS, R.D. Utilization of supplemental fat by dairy cows fed diets varying in content of nonstructural carbohydrates. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 78, p. 1512-1525, 1995.
- EZEQUIEL, J.M.B.; SILVA, O.G.C.; GALATI, R.L.; WATANABE, P.H.; BIAGIOLI, B.; FATURI, C. Desempenho de novilhos Nelore alimentados com casca de soja ou farelo de germen de milho em substituição parcial ao milho moído. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 569-575, 2006.

FIRKINS, J.L. Effects of feeding nonforage fiber sources on site of fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 80, p. 1426-1437, 1997.

FISCHER, V.; MÜHLBACH, P.R.F. Substituição do grão de milho por casca do grão de soja no desempenho de novilhas de corte confinadas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 5, p. 143-148, 1999.

GRANT, R.J. Interactions among forages and nonforage fiber sources. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 80, n. 7, p. 1438-1446, 1997.

GRANT, R.J.; WEIDNER, S.J. Digestion kinetics of fiber: Influence of in vitro buffer pH varied within observed physiological range. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 75, p. 1060-2068, 1992.

GRIGSBY, K.N.; KERLEY, M.S.; PATERSON, J.A.; WEIGEL, J.C. Site and extent of nutrient digestion by steers fed a low-quality bromegrass hay diet with incremental levels of soybean hull substitution. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 70, p. 1941-1949, 1992.

_____. Combinations of starch and digestible fiber in supplements for steers consuming a low-quality bromegrass hay diet. **Journal Animal Science**, Savoy, v. 71, p. 1057-2064, 1993.

HEJAZI, S.; FLUHARTY, F.L.; PERLEY, J.E.; LOERCH, S.C.; LOWE, G.D. Effects of processing and dietary fiber source on feedlot performance, visceral organ weight, diet digestibility and nitrogen metabolism in lambs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 77, n. 3, p. 507-515, 1999.

HINTZ, H.F.; MATHIES, M.M.; LEY, H.F. JR.; LOOSLI, J.K. Effects of processing and of feeding hay on the digestibility of soybean hulls. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 23, p. 43, 1964.

HSU, J.T.; FALKNER, D.B.; GARLEB, K.A.; BARCLAY, R.A.; FAHEY, G.C.; BERGER, L.L. Evaluation of corn fiber, cottonseed hulls, oat hulls and soybean hulls as roughage sources for ruminants. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 65, n. 1, p. 244-255, 1987.

IPHARRAGUERRE, I.R.; CLARK, J.H. Soyhulls as an alternative feed for lactating dairy cows: A review. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 86, n. 4, p. 1052-2073, 2003.

IPHARRAGUERRE, I.R.; SHABI, Z.; CLARK, J.H.; FREEMAN, D.E. Ruminal fermentation and nutrient digestion by dairy cows fed varying amounts of soyhulls as a replacement for corn grain. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 85, p. 2890-2904, 2002.

JOHNSON, R.R.; KLOSTERMAN, E.W.; SCOTT, H.W. Studies on the feeding value of soybran flakes for ruminants. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 21, p. 406, 1962.

JOHNSON, R.R.; SCOTT, H.W.; MOXON, A.L.; BENTLEY, O.G. The digestible cellulose remaining in the feces of sheep fed different roughages as determined by in vitro rumen fermentation. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 18, n. 4, p. 1520-1520, 1959.

KASKE, J.; VON ENGLEHART, W. The effect of size and density on mean retention time of particles in the gastrointestinal tract of sheep. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 63, p. 683, 1990.

LOEST, C.A.; TITGEMEYER, E.C.; DROUILLARD, J.S. Soybean hulls as a primary ingredient in forage-free diets for limited-fed growing cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 79, p. 766-774, 2001.

LUDDEN, P.A.; CECAVA, M.J.; HENDRIX, K.S. The value of soybean hulls as a replacement for corn in beef cattle diets formulated with or without added fat. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 73, n. 9, p. 2706-2711, 1995.

MACGREGOR, C.A.; OWEN, F.G. Effect of increasing ration fiber with soybean mill run on digestibility and lactation performance. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 59, p. 682-689, 1976.

MENDES, A.R.; EZEQUIEL, J.M.B.; GALATI, R.L.; FEITOSA, J.V. Desempenho, parâmetros plasmáticos e características de carcaça de novilhos alimentados com farelo de girassol e diferentes fontes energéticas, em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 692-702, 2005.

MERTENS, D.R.; LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics in vitro. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 63, n. 9, p. 1437-1446, 1980.

MERTENS, D.R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulação de rações. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES; REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992. p. 188-219.

MIRON, J.; YOSEF, E.; BEN-GHEDALIA, D. Composition and in vitro digestibility of monosaccharide constituents of selected byproduct feeds. **Journal Agricultural Food Chemistry**, Davis, v. 49, p. 2322-2326, 2001.

MIRON, J.; YOSEF, E.; MALTZ, E.; HALACHMI, I. Soybean hulls as replacement of forage neutral detergent fiber in total mixed rations of lactating cows. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 106, p. 21-28, 2003.

MORAIS, J.B.; SUSIN, I.; PIRES, A.V.; MENDES, C.Q.; OLIVEIRA JUNIOR, R.C. de. Substituição do feno de "Coastcross" (*Cynodon* sp.) por casca de soja na alimentação de borregas confinadas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, p. 1073-2078, 2007.

MULLIGAN, F.P.; O'MARA, F.P.; CAFFREY, P.J.; RATH, M.; CALLAN, J.; FLYNN, B. The effect of feeding level on the retention time and degradability of soya hulls. In: O'KILEY, P.; STOREY, T.; COLLINS, J.F. (Ed.). **Proceedings agricultural research forum**. Dublin: Faculty of Agriculture, 1999. p. 135-136.

MURPHY, M.R.; KENNEDY, P.M.; WELCH, J.G. Passage and rumination of inert particles varying in size and specific gravity as determined from analysis of fecal appearance using multicompartment models. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 62, p. 481-492, 1989.

NAKAMURA, T.; OWEN, F.G. High amounts of soyhulls for pelleted concentrate diets. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 72, n. 4, p. 988-994, 1989.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th ed. Washington: National Academic Press, 2001. 381 p.

_____. **Nutrient requirements of small ruminants**. Washington: National Academic Press, 2007. 292 p.

PANTOJA, J.; FIRKINS, J.L.; EASTRIDGE, M.L.; HULL, B.L. Effects of fat saturation and source of fiber on site of nutrient digestion and milk production by lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 77, p. 2341-2346, 1994.

PIWONKA, E.J.; FIRKINS, J.L. Effect of glucose on fiber digestion and particle-associated carboxymethyl cellulose activity in vitro. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 76, p. 129, 1993.

_____. Effect of glucose fermentation on fiber digestion by ruminal microorganisms in vitro. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 79, p. 2196-2206, 1996.

PORDOMINGO, A.J.; WALLACE, J.D.; FREEMAN, A.S. Supplement corn grain for steers grazing native rangeland during summer. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 69, n. 4, p. 1678-1687, 1991.

QUICKE, G.V.; BENTLEY, O.G.; SCOTT, H.W.; JOHNSON, R.R.; MOXON, A.L. Digestibility of soybean hulls and flakes and the in vitro digestibility of the cellulose in various milling by-products. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 42, p. 185-187, 1959.

RESTLE, J.; PASCOAL, L.L.; ROSA, J.R.P.; FREITAS, A.K. de; FILHO, D.C.A.; BRONDANI, I.L.; PACHECO, P.S.; MENEZES, F.G.de. Fontes energéticas para bezerros de corte desmamados aos 80 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 1136-1145, 2006.

SARWAR, M.; FIRKINS, J.L.; EASTRIDGE, M.L. Effect of replacing neutral detergent fiber of forage with soyhulls and corn gluten feed for dairy heifers. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 74, n. 3, p.1006-2017, 1991.

_____. Effects of varying forage and concentrate carbohydrates on nutrient digestibility and milk production by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 75, n. 6, p. 1533-1542, 1992.

SILVA, D.C. da.; KAZAMA, R.; FAUSTINO, J.O.; ZAMBOM, M.A.; SANTOS, G.T. dos.; BRANCO, A.F. Digestibilidade *in vitro* e degradabilidade *in situ* da casca do grão de soja, resíduo de soja e casca de algodão. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 26, p. 501-506, 2004.

TAMBARA, A.A.C.; OLIVO, CC.J.; PIRES, M.B.G.; SANCHEZ, L.M.B. Avaliação *in vivo* da digestibilidade da casca do grão de soja moída com ovinos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 283-287, 1995.

TURINO, V.F.; SUSIN, I.; PIRES, A.V.; MENDES, C.Q.; MORAIS, J.B. de; OLIVERIA JUNIOR, R.C. de. Casca de soja na alimentação de cordeiros confinados: desempenho e características da carcaça. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 8, p. 495-503, 2007.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.

WEIDNER, S.J.; GRANT, R.J. Altered ruminal mat consistency by high percentage of soybean hulls fed to lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 77, n. 2, p. 522-532, 1994a.

_____. Soyhulls as a replacement for forage fiber in diets for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 77, n. 2, p. 513-521, 1994b.

ZAMBOM, M.A.; SANTOS, G.T. dos; MODESTO, E.C.; ALCALDE, C.R.; GONÇALVES, G.D.; SILVA, D.C. da; SILVA, K.T. da; FAUSTINO, J.O. Valor nutricional da casca do grão de soja, farelo de soja, milho moído e farelo de trigo para bovinos. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 4, p. 937-943, 2001.

ZERVAS, G.; FEGEROS, K.; KOYSTSOTOLIS, C.; GOULAS, C.; MANTZIOS, A. Soy hulls as a replacement for maize in lactating dairy ewe diets with or without dietary fat supplements. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 76, p. 65-75, 1998.

3 DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES, BALANÇO DE NITROGÊNIO E PARÂMETROS RUMINAIS DE CORDEIROS DA RAÇA SANTA INÊS ALIMENTADOS COM CASCA DE SOJA EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL AO MIHO

Resumo

Os objetivos deste experimento foram avaliar o efeito da substituição parcial do milho pela casca de soja (CS) sobre o consumo e a digestibilidade aparente dos nutrientes, o balanço de nitrogênio, os parâmetros ruminais e sangüíneos de cordeiros da raça Santa Inês. Dezesesseis cordeiros, canulados no rúmen com peso corporal (PC) médio inicial de $44,3 \pm 5$ kg e aproximadamente 6 meses de idade foram alojados individualmente em gaiolas para ensaios de metabolismo. O tratamento controle (CS0) foi uma ração contendo 70% de milho (% MS), sendo o milho substituído em 15%, 30% e 45% pela CS, constituindo os tratamentos CS0, CS15, CS30 e CS45, respectivamente. As rações experimentais foram isonitrogenadas ($18,9 \pm 0,7\%$ de PB), contendo 90% de concentrado e 10% de feno de “coastcross” (*Cynodon* sp.). O consumo de MS, MO, FDN, FDA e PB em kg/dia e g/kg de $PC^{0,75}$, bem como o consumo de NDT em kg/dia, de ED em Mcal/dia aumentou linearmente ($P < 0,05$) com a inclusão de CS. A retenção de nitrogênio reduziu linearmente ($P < 0,05$) e a concentração de propionato no fluido ruminal apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$), tendo-se máxima concentração no tratamento CS15. Enquanto que, o consumo de EE g/kg de $PC^{0,75}$, os valores de NDT em % da MS, a concentração de ED em Mcal/kg de MS, os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, CNF, PB e EE, e as concentração total dos AGCC e de amônia no fluido ruminal não foram afetados pelos tratamentos. A inclusão de CS na ração, em substituição parcial ao milho, aumentou o consumo dos nutrientes e de energia digestível e melhorou o pH ruminal. Entretanto, reduziu a retenção de nitrogênio.

Palavras-chave: Milho; Energia; FDN; Rúmen; Metabolismo

APPARENT DIGESTIBILITY OF NUTRIENTS, NITROGEN BALANCE AND RUMINAL PARAMETERS OF SANTA INES LAMBS FED SOYBEAN HULLS REPLACING CORN

Abstract

The objectives of this experiment was to evaluate the effects of replacing corn by soybean hulls (SH) on apparent digestibility of nutrients, nitrogen balance, and ruminal and blood parameters of Santa Ines lambs. Sixteen Santa Ines ram lambs (BW 44.0 ± 5.0 kg and 6 months old) were allotted individually in suspended metabolism crates. The

control treatment (SH0) was a diet containing 70% of corn on a DM basis. On the others diets corn was replaced by SH at 15, 30 and 45%, corresponding to the experimental treatments SH0, SH15, SH30 and SH45, respectively. All diets were isonitrogen ($18.9 \pm 0.7\%$ of CP), containing 90% of concentrate and 10% “coastcross” hay (*Cynodon* sp.). DM, OM, NDF, ADF and CP intake (kg/day and g/kg of BW^{0.75}), and also TDN intake (kg/day), DE intake (kg/day), increased linearly ($P < 0.05$) with SH addition. Nitrogen retention decreased linearly ($P < 0.05$) and propionate concentration (mM) showed a quadratic response ($P < 0.05$). There was no effect on EE intake (g/kg of BW^{0.75}), TDN values (% of DM), DE concentration (Mcal/kg of DM), apparent digestibility of DM, NFC, CP, EE, and ruminal ammonia and total SCFA concentrations. SH inclusion in the diet at replacing corn, increased nutrients and DE intake and improved ruminal pH. However, decreased nitrogen retention.

Keywords: Corn; Energy; NDF; Rumen; Metabolism

3.1 Introdução

Durante a fase de terminação de cordeiros em confinamento, o milho pode perfazer cerca de 70% da matéria seca (MS) total de rações com alto teor de concentrado. Sabe-se que o uso de elevadas quantidades de grãos rapidamente fermentescíveis no rúmen pode causar impactos negativos sobre o ambiente ruminal, como redução do pH e diminuição da degradação da fibra (HOOVER, 1986).

Por apresentar alto teor de fibra degradável no rúmen (BACH et al., 1999), a inclusão de CS em substituição ao milho pode aumentar a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e o pH ruminal. Contribuindo, deste modo, para reduzir a ocorrência de acidose em cordeiros alimentados com rações contendo alto teor de concentrado.

Quando incluída em rações com baixo teor de concentrado a CS apresentou valor nutritivo similar ao do milho (ANDERSON; MERRILL; KLOPFENSTEIN, 1988a), provavelmente devido ao aumento na digestibilidade do volumoso, visto que sua densidade energética é inferior (NRC, 2007). Porém, em rações com alto teor de concentrado, onde a importância relativa da energia proveniente do volumoso é baixa, existem dúvidas, se o efeito da inclusão de CS em substituição ao milho sobre o aumento na digestibilidade da FDN é suficiente para equiparar o seu valor nutritivo ao do milho, e aumentar o pH ruminal.

Explora-se a hipótese de que a inclusão de CS em substituição parcial ao milho em rações com alto teor de concentrado não afeta a digestibilidade da MS devido ao aumento na digestibilidade da FDN, refletindo-se em alterações no padrão de fermentação ruminal com aumento na produção de acetato e no pH.

Os objetivos deste trabalho foram avaliar o efeito da substituição parcial do milho pela CS sobre o consumo e a digestibilidade aparente dos nutrientes, o balanço de nitrogênio, os parâmetros ruminais e sangüíneos de cordeiros da raça Santa Inês alimentados com rações contendo alto teor de concentrado.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Animais e instalações experimentais

O experimento foi conduzido nas instalações para ensaio de metabolismo do Setor de Produção Intensiva de Ovinos do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ - USP) nos meses de agosto e setembro de 2006. Foram utilizados 16 cordeiros não castrados da raça Santa Inês, canulados no rúmen com peso corporal (PC) médio inicial de $44,3 \pm 5$ kg e aproximadamente 6 meses de idade. Os animais foram alojados individualmente em gaiolas para ensaios de metabolismo com dimensões de 1,30 X 0,55m, providas de cocho, bebedouro e sistema para colheita de fezes e urina. As gaiolas foram mantidas em ambiente coberto, ao abrigo da chuva e luz solar direta.

3.2.2 Período experimental e tratamentos

O período experimental teve duração de 15 dias, dos quais 10 dias foram destinados à adaptação dos animais às rações experimentais e às instalações e 5 dias para a colheita de dados e amostras, sendo 4 dias para medição do consumo de ração e colheita de amostras das rações ofertadas, das sobras, fezes e urina e 1 (15^a) dia para colheita de amostras do fluido ruminal e de sangue.

As rações experimentais foram definidas pela substituição parcial do milho pela CS. O tratamento controle foi uma ração contendo 70% de milho (% MS), sendo o milho substituído em 15%, 30% e 45% pela CS, correspondendo a 0, 10,5; 21,0 e 31,4% de inclusão de CS na MS da ração, constituindo os tratamentos CS0, CS15, CS30 e CS45, respectivamente. As rações foram isonitrogenadas, com $18,9 \pm 0,7\%$ de proteína bruta (PB). A proporção dos ingredientes e composição química das rações experimentais estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Proporção dos ingredientes e composição química das rações experimentais (% MS)

Variáveis	Tratamentos ¹			
	CS0	CS15	CS30	CS45
Ingredientes				
Feno de “coastcross”	10,0	10,0	10,0	10,0
Casca de Soja	-	10,5	21,0	31,4
Milho	69,5	58,7	48,1	37,9
Farelo de Soja	12,8	12,5	12,1	11,9
Farelo de Trigo	3,7	4,5	5,2	5,4
Uréia	0,5	0,5	0,5	0,5
Cloreto de Amônio	0,5	0,5	0,5	0,5
Calcário	1,7	1,5	1,3	1,1
Mistura Mineral ²	1,3	1,3	1,3	1,3
Composição Química				
Matéria seca (% da MO ³)	90,1	90,0	90,0	90,5
Matéria orgânica	92,8	94,5	94,4	93,9
Matéria mineral	7,2	5,5	5,6	6,1
Proteína bruta	20,1	18,8	18,5	18,4
Carboidratos não fibrosos	43,4	44,5	37,6	33,2
Fibra em detergente neutro	24,5	27,3	35,0	39,5
Fibra em detergente ácido	8,2	12,8	18,3	23,3
Extrato etéreo	4,8	3,9	3,2	2,9

¹Tratamentos: CS0: inclusão total de milho; CS15: 15% de substituição do milho pela casca de soja; CS30: 30% de substituição do milho pela casca de soja; CS45: 45% de substituição do milho pela casca de soja.

²Composição: 7,5% P; 19% Ca; 1% Mg; 7% S; 14,3% Na; 21,8% Cl; 500 ppm Fe; 300 ppm Cu; 4600 ppm Zn; 1100 ppm Mn; 80 ppm I; 405 ppm Co; 30 ppm Se.

³Matéria original.

O milho e a CS peletizada foram moídos em picador e moedor da marca Nogueira® modelo DPM – 4, desprovido de peneira, caracterizando uma moagem grosseira destes ingredientes. O feno foi picado utilizando-se o mesmo equipamento provido de peneira com crivos de 1 cm, a moagem da CS peletizada objetivou garantir melhor homogeneização, na ração evitando seleção pelos animais. Todos os ingredientes previamente pesados foram homogeneizados em um misturador horizontal da marca Lucato® com capacidade para 500 kg. Em todas as rações adicionou-se 25 g de monensina sódica por 100 kg de matéria original da ração total para controle de coccidiose.

3.2.3 Manejo alimentar e colheita de amostras

Todos os dias do período de colheita as rações foram pesadas em balança eletrônica com precisão de 5 g e ofertadas *ad libitum* às 7 horas da manhã, a quantidade de ração ofertada foi ajustada com base no consumo de ração obtido durante o período de adaptação dos animais, não permitindo-se sobras superiores a 10% da quantidade ofertada. Durante os primeiros quatro dias do período de colheita, às 7 horas da manhã, foram pesadas as sobras de ração, para a obtenção do consumo de matéria seca (CMS) por animal. No mesmo horário, diariamente, as fezes foram quantificadas. Para a colheita de fezes, adaptou-se arreios, que continham uma bolsa colhedora de fezes, com o objetivo de evitar a mistura de fezes e urina. Amostras de 10% da ração ofertada, das sobras e das fezes foram colhidas, compostas por animal e armazenadas a -20 °C.

Todas as amostras foram analisadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP. As amostras de fezes foram descongeladas e secas em estufa de ventilação forçada (55 °C) por 72 horas, e moídas em moinho tipo Wiley com peneiras com crivos de 1 mm, juntamente com as amostras do ofertado e das sobras.

As determinações de MS, matéria mineral (MM) e de extrato etéreo (EE) foram realizadas de acordo com a ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC (1997), o N total foi determinado utilizando o Leco FP 528 (Leco Corporation, St.

Joseph, MI) conforme a AOAC (1997), a FDN e FDA segundo Van Soest, Robertson e Lewis (1991) pelo método sequencial utilizando o aparelho ANKOM Fiber Analyzer (ANKOM Technology Corp.). As determinações de FDN e FDA foram corrigidas para cinzas. A matéria orgânica (MO) foi calculada pela diferença entre a MS e a MM. Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados de acordo com Van Soest, Robertson e Lewis (1991) e os nutrientes digestíveis totais (NDT) conforme Weiss (1992) a partir das fórmulas: $CNF = 100 - (FDN + PB + EE + MM)$ e $NDT = PBD + (EED \times 2,25) + FDND + CNFD$, respectivamente. A concentração de energia digestível (ED) foi calculada conforme Swift (1957) pela fórmula: $ED \text{ (Mcal/kg)} = 0,04409 \times NDT \text{ (\%)}$.

A urina dos animais foi colhida automaticamente pelos colhedores das gaiolas metabólicas em vasilhames que continham de 20 a 60 mL de ácido clorídrico 6 N, o volume de ácido era o suficiente para manter o pH da urina abaixo 3. Diariamente no mesmo horário da colheita das fezes, 10% do volume total de urina foi amostrada e congelada a -20 °C, em seguida descongeladas, compostas por animal e analisadas para a determinação de nitrogênio pelo método Macrokjeldahl (AOAC, 1997).

No primeiro e no último dia do período experimental todos os cordeiros foram pesados, sem jejum alimentar, para posterior avaliação da variação do PC e relativização do CMS e demais frações bromatológicas.

3.2.4 Cálculos da digestibilidade aparente dos nutrientes e do balanço de nitrogênio

A digestibilidade aparente dos nutrientes no trato digestório total (DATT) e o balanço de nitrogênio foram calculados pelas fórmulas que seguem: $DATT \text{ (\%)} = [(nutriente \text{ consumido} - nutriente \text{ excretado}) / nutriente \text{ consumido}] \times 100$. Retenção de N (g/dia) = $(N_{consumido} - N_{fezes} - N_{urina})$; Retenção de N (% N consumido) = $[(N_{consumido} - N_{fezes} - N_{urina}) / N_{consumido}]$; Retenção de N (% N absorvido) = $[(N_{consumido} - N_{fezes} - N_{urina}) / (N_{consumido} \times Absorção \text{ de N})]$.

3.2.5 Colheita de fluido ruminal

Amostras do fluido ruminal foram colhidas no último dia do período experimental (15º dia), com intervalos de duas horas entre cada colheita. Os horários de colheita foram determinados com base no fornecimento da ração. A hora zero correspondeu ao momento antes do fornecimento da ração, sendo as demais colheitas realizadas 2, 4, 6, 8, 10 e 12 horas após o arraçoamento.

Uma amostra representativa do conteúdo ruminal de cada animal, foi colhida via cânula, sendo rapidamente filtrada em tecido de algodão, obtendo-se, aproximadamente 200 mL de fluido ruminal filtrado, que em seguida, foi utilizado para a medição imediata do pH em potenciômetro digital (DIGIMED® DM20). A fase sólida do conteúdo ruminal que permaneceu no tecido após a filtração, foi devolvida ao rúmen.

Após a determinação do pH, retirou-se 2 alíquotas de 25 mL do fluido ruminal que foram armazenadas em frascos plásticos contendo 1,25 mL de ácido clorídrico, e congeladas a -20 °C para análise de AGCC e N amoniacal.

As amostras de fluido ruminal foram descongeladas e centrifugadas a 15.000 x *g* a 4 °C por 60 minutos, e analisadas para determinação dos AGCC de acordo Campos, Nussio e Nussio (2004), utilizando um cromatógrafo líquido-gasoso (Hewlett Packard 5890 Series II GC), equipado com integrador (Hewlett Packard 3396 Series II Integrator) e injetor automático (Hewlett Packard 6890 Series Injector). O padrão interno utilizado foi o ácido 2-metilbutírico sendo acrescentado, em cada tubo para leitura no cromatógrafo, um volume de 100 µl do padrão interno, 800 µl da amostra e 200 µl de ácido fórmico. Uma mistura de ácidos graxos de cadeia curta com concentração conhecida foi utilizada como padrão externo para a calibração do equipamento.

A análise de N amoniacal foi realizada pelo método colorimétrico descrito por Chaney e Marbach (1962), adaptado para leitura em leitor de microplaca (BIO – RAD, Hercules, CA, EUA), utilizando-se filtro para absorvância de 550 nm (CAMPOS; NUSSIO; NUSSIO, 2004).

3.2.6 Colheita de sangue

Amostras de sangue foram colhidas no último dia do período experimental (15º dia), via punção da veia jugular e recolhidas em tubos do tipo “vacutainer” contendo oxalato de potássio (anticoagulante) e fluoreto de sódio (antiglicolítico). Os horários de colheita foram os mesmos utilizados para a colheita de líquido ruminal, sendo a primeira colheita realizada na hora zero, que correspondeu ao momento antes do fornecimento das rações e as demais realizadas nas horas 2, 4, 6, 8, 10 e 12 após o arraçoamento. As amostras foram centrifugadas a 4000 x g por 20 minutos à temperatura de 4 °C para separação do plasma sanguíneo, o qual foi acondicionado em tubos do tipo Eppendorf® e armazenados a -20 °C.

A concentração plasmática de glicose foi determinada pelo método enzimático colorimétrico descrito por Barhan e Trinder (1972), utilizando-se o Kit Laborlab Produtos para Laboratórios Ltda., Guarulhos, SP.

3.2.7 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados com quatro tratamentos e quatro repetições. Os dados referentes ao consumo de matéria seca (CMS) consumo de matéria orgânica (CMO), consumo de fibra em detergente neutro (CFDN), consumo de fibra em detergente ácido (CFDA), consumo de carboidrato não fibroso (CCNF), consumo de proteína bruta (CPB), consumo de extrato etéreo (CEE), consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT), consumo de energia digestível (CED), bem como, os respectivos coeficientes de digestibilidade, foram analisados utilizando-se o procedimento GLM do SAS (1999), conforme o modelo: $Y = M + B_i + T_i + E_{ij}$, em que: M = média, B_i = Efeito de bloco, T_i = Efeito de tratamento e E_{ij} = Efeito aleatório.

As variáveis de parâmetros ruminais e a concentração de glicose sanguínea foram analisadas como medidas repetidas no tempo, utilizando-se o procedimento mixed do SAS (1999), conforme o modelo: $Y = M + B_i + T_i + H_k + T_j \times H_k + E_{ij}$, sendo: M = média, B_i = efeito de bloco, T_i = efeito de tratamento, H_k = efeito de hora de coleta, $T_j \times H_k$ = Interação entre tratamento e hora de coleta e E_{ij} = Efeito aleatório. Testes para

polinômios ortogonais (linear, quadrático e cúbico) foram aplicados quando detectou-se efeito de tratamento ($P < 0,05$).

3.3 Resultados e discussões

As variações no PC dos animais do início do período de adaptação (1ª dia) até o final do período experimental (15ª dia) foram de $4,20 \pm 1,81$; $4,13 \pm 1,63$; $4,51 \pm 1,92$ e $4,95 \pm 2,08$ kg (media $\pm$ DP) para os tratamentos CS0, CS15, CS30 e CS45, respectivamente. O que demonstra que os animais foram bem adaptados as gaiolas metabólicas e não perderam peso.

O CMS, CMO, CFDN, CFDA e CPB em kg/dia e em g/kg $PC^{0,75}$ aumentaram linearmente ($P < 0,05$) com a inclusão de CS nas rações. O CCNF em kg/dia e em g/kg de $PC^{0,75}$ não foi influenciado pelos tratamentos, bem como o CEE em kg/dia e em g/kg de $PC^{0,75}$ (Tabela 2).

Possivelmente, o aumento linear ($P < 0,01$) no CMS verificado, pode ser atribuído a maior taxa de passagem das rações com a inclusão de CS, devido ao reduzido tamanho de partícula e alta gravidade específica da CS quando hidratada (WEIDNER; GRANT, 1994).

A menor densidade energética da CS em relação ao milho (NRC, 2007), também pode ter contribuído para aumentar o CMS, uma vez que o aumento na concentração de FDN das rações com maiores teores de CS não promoveu redução no CMS. Segundo Mertens (1992), o CMS está negativamente correlacionado com a concentração de FDN quando o enchimento ruminal limita à ingestão, mas, positivamente correlacionado quando a energia é o fator limitante. Possivelmente, o grande potencial de degradação da FDN da CS foi o fator determinante que fez com que esta fonte de fibra não tenha provocado limitação física ao CMS.

Aumento linear ($P < 0,01$) no CMS quando a CS substituiu o milho também foi observado com bovinos de corte alimentados com rações contendo 95% de concentrado, os valores de CMS foram 9,8; 10,9; 11,3 e 11,2 kg/dia com 0 (92% de milho), 20, 40 e 60% de CS na MS da ração, respectivamente (LUDDEN; CECAVA; HENDRIX, 1995). Resultados similares foram obtidos com cordeiros confinados (HSU et al., 1987).

Tabela 2 - Peso corporal, peso metabólico e consumo de nutrientes por cordeiros Santa Inês alimentados com rações contendo casca de soja em substituição parcial ao milho

Variáveis ¹	Tratamentos ²				EPM ³	Efeito ⁴	
	CS0	CS15	CS30	CS45		L	Q
Peso corporal (kg)	44,6	43,9	43,5	45,2	1,23	NS	NS
Peso metabólico (kg)	17,2	17,1	16,9	17,4	0,36	NS	NS
CMS							
kg/dia	1,19	1,32	1,43	1,52	0,06	<0,01	NS
g/kg de PC ^{0,75}	67,2	77,3	84,1	94,3	3,14	<0,01	NS
CMO							
kg/dia	1,11	1,26	1,36	1,44	0,05	<0,01	NS
g/kg de PC ^{0,75}	62,6	73,6	80,1	89,0	3,03	<0,01	NS
CPB							
kg/dia	0,24	0,25	0,26	0,28	0,01	<0,05	NS
g/kg de PC ^{0,75}	13,5	14,5	15,46	17,4	0,51	<0,01	NS
CCNF							
kg/dia	0,57	0,62	0,55	0,51	0,02	NS	NS
g/kg de PC ^{0,75}	32,2	36,0	32,6	31,8	0,97	NS	NS
CFDN							
kg/dia	0,24	0,34	0,50	0,60	0,04	<0,01	NS
g/kg de PC ^{0,75}	13,6	20,0	29,3	37,1	2,37	<0,01	NS
CFDA							
kg/dia	0,09	0,15	0,23	0,32	0,02	<0,01	<0,05
g/kg de PC ^{0,75}	4,85	8,82	13,76	19,96	1,45	<0,01	<0,01
CEE							
kg/dia	0,06	0,05	0,05	0,04	0,01	NS	NS
g/kg de PC ^{0,75}	3,36	3,00	2,72	2,68	0,11	0,09	NS

¹CMS: consumo de matéria seca; CMO: consumo de matéria orgânica; CFDN: consumo de fibra em detergente neutro; CFDA: consumo de fibra em detergente ácido; CCNF: consumo de carboidratos não fibrosos; CPB: consumo de proteína bruta; CEE: consumo de extrato etéreo.

²Tratamentos: CS0: inclusão total de milho; CS15: 15% de substituição do milho pela casca de soja; CS30: 30% de substituição do milho pela casca de soja; CS45: 45% de substituição do milho pela casca de soja.

³EPM: Erro padrão da média.

⁴Efeito: Valor de P para o teste de polinômio ortogonal, resposta cúbica não significativa ($P > 0,05$).

O aumento linear no CFDN ($P < 0,01$) e o efeito quadrático sobre o CFDA ($P < 0,05$) foram relacionados ao maior CMS e também aos maiores teores de FDN (62 vs

9%) e de FDA (46 vs 3%) da CS em relação ao milho (NRC, 2007). O aumento linear no CPB ($P < 0,01$) com a inclusão de CS foi devido somente ao aumento no CMS, visto que a concentração de nitrogênio nas rações experimentais foi similar.

A digestibilidade aparente da MS, MO, PB, CNF, FDA, EE ($P > 0,05$), e da FDN ($P = 0,08$) não foi afetada pelos tratamentos (Tabela 3). Resultado similar foi observado quando 0, 20, 40 e 60% de milho (92% da MS total) foi substituído pela CS em rações para ovelhas, com digestibilidade da FDN de 46,6; 50,8; 54,4 e 54,5%, respectivamente, sem efeito significativo ($P = 0,15$; LUDDEN; CECAVA; HENDRIX, 1995).

Tabela 3 - Digestibilidade dos nutrientes, consumo de nutrientes digestíveis totais e de energia digestível por cordeiros Santa Inês alimentados com rações contendo casca de soja em substituição parcial ao milho

Variáveis ¹	Tratamento ²				EPM ³	Efeito ⁴	
	CS0	CS15	CS30	CS45		L	Q
DATT, % MS							
MS	83,4	81,9	79,5	79,3	0,79	NS	NS
MO	84,4	83,0	80,4	80,2	0,80	NS	NS
PB	83,2	80,8	77,8	79,1	0,93	NS	NS
CNF	96,1	94,3	93,3	93,8	0,43	NS	NS
FDN	55,5	62,5	66,6	68,1	2,24	0,08	NS
FDA	55,5	58,5	61,0	66,5	2,11	NS	NS
EE	92,9	93,3	89,9	92,0	0,68	NS	NS
NDT, % MS	84,5	83,4	80,2	78,9	0,87	0,07	NS
NDT, kg/dia	1,01	1,10	1,15	1,20	0,05	<0,05	NS
ED, Mcal/kg MS	3,72	3,68	3,54	3,48	0,04	0,07	NS
ED, Mcal/dia	4,46	4,86	5,05	5,31	0,21	<0,05	NS

¹DATT: Digestibilidade aparente no trato digestório total; MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; CNF: carboidratos não fibrosos; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; NDT: nutrientes digestíveis totais; ED: energia digestível.

²Tratamentos: CS0: inclusão total de milho; CS15: 15% de substituição do milho pela casca de soja; CS30: 30% de substituição do milho pela casca de soja; CS45: 45% de substituição do milho pela casca de soja.

³EPM: Erro padrão da média.

⁴Efeito: Valor de P para o teste de polinômio ortogonal, resposta cúbica não significativa ($P > 0,05$).

No presente experimento, aumento linear na digestibilidade da FDN era esperado, visto que a inclusão de CS nas rações aumentou o pH ruminal e reduziu sua variação ao longo das horas após a alimentação (Tabela 5 e Figura 5). Assim, a CS poderia reduzir os efeitos associativos negativos do amido sobre a fermentação da FDN, aumentando sua degradação no rúmen (FIRKINS, 1997). Deste modo, o principal fator que pode explicar os resultados obtidos, seria o baixo teor de volumoso (10% de feno de *coastcross*) das rações experimentais. Uma vez que, a substituição do milho pela CS em rações com maior teor de volumoso que a utilizada no presente experimento resultou em aumento na digestibilidade da FDN (ANDERSON et al., 1988b; ZERVAS et al., 1998).

Os valores de NDT (% da MS) e a concentração de ED (Mcal/kg de MS) das rações experimentais, não foram afetados ($P = 0,07$) pelos tratamentos. Entretanto, os consumos de NDT (kg/dia) e de ED (Mcal/dia) aumentaram linearmente ($P < 0,05$) com a inclusão de CS (Tabela 3). Ludden, Cecava e Hendrix (1995) encontraram redução ($P < 0,01$) na concentração de ED em rações para bovinos de corte com a substituição do milho pela CS. Estes resultados podem ter ocorrido devido ao maior teor de inclusão de CS em substituição ao milho (60%) utilizado por estes autores, quando comparado ao utilizado neste experimento (45%).

O consumo de N aumentou linearmente ($P < 0,05$) com a inclusão de CS. Contudo, a excreção de N fecal (g/dia) não foi afetada pelos tratamentos. Para a excreção urinária de N, verificou-se aumento linear ($P < 0,01$) com a inclusão de CS, o que provocou redução na retenção de N em g/dia ($P < 0,05$), em % do N consumido e em % do N absorvido ($P < 0,01$), (Tabela 4).

A ausência de efeito dos tratamentos sobre a concentração de amônia ruminal e de nitrogênio uréico plasmático, bem como a semelhança na variação temporal destes compostos entre os tratamentos (Tabela 5, Figuras 6 e 7) deixam claro que a degradação ruminal e a taxa de absorção dos compostos nitrogenados não foram afetadas pela inclusão de CS nas rações.

De acordo com Owens e Zinn (1988) a retenção de N, é uma boa estimativa da quantidade de N que estará disponível para a deposição de tecidos corporais. Considerando que no presente experimento, os animais de todos os tratamentos

apresentaram variação positiva no peso corporal e numericamente superior para os animais que receberam CS, a principal razão para a redução na retenção de N com a inclusão de CS, seria possivelmente, uma melhoria na eficiência de utilização do N retido pelos animais alimentados com CS.

Tabela 4 - Consumo e balanço de nitrogênio em cordeiros Santa Inês alimentados com rações contendo casca de soja em substituição parcial ao milho

Variáveis	Tratamentos ¹				EPM ²	Efeito ³	
	CS0	CS15	CS30	CS45		L	Q
Consumo de N, g/dia	38,3	39,6	42,0	45,7	1,55	<0,05	NS
N nas fezes, g/dia	6,3	7,7	9,3	8,3	0,48	NS	NS
N na urina, g/dia	12,2	14,9	23,7	30,2	2,04	<0,01	NS
N retido							
g/dia	19,8	17,1	9,0	7,3	1,88	<0,05	NS
% do N consumindo	50,1	42,7	21,1	16,0	4,31	<0,01	NS
% do N absorvido	59,7	52,8	27,0	19,8	5,03	<0,01	NS

¹Tratamentos: CS0: inclusão total de milho; CS15: 15% de substituição do milho pela casca de soja; CS30: 30% de substituição do milho pela casca de soja; CS45: 45% de substituição do milho pela casca de soja.

²EPM: Erro padrão da média.

³Efeito: Valor de P para o teste de polinômio ortogonal, resposta cúbica não significativa ($P > 0,05$).

Segundo Van Soest (1994) quando a ingestão de N é adequada, grande proporção do N metabolizado pelo animal é reciclado para o rúmen, via saliva ou por difusão através da parede ruminal, e pequena quantidade do N é convertida em uréia e excretada via urina, o que demonstra que no presente experimento houve excesso no consumo de N, sendo mais pronunciado com a inclusão de CS nas rações.

A concentração total dos AGCC no fluido ruminal não foi afetada pelos tratamentos. Não houve interação entre tratamentos e horas, entretanto, verificou-se efeito ($P < 0,05$) de horas (Tabela 5). A Figura 1 apresenta a concentração molar total dos AGCC no fluido ruminal em função dos tratamentos e das horas de colheita.

De maneira geral, a substituição do milho pela CS em rações para ruminantes não afeta a concentração ruminal total dos AGCC (IPHARRAGUERRE; CLARK, 2003). No presente experimento, isto ocorreu devido à redução na concentração de propionato ter sido compensada pelo aumento na concentração de acetato (Tabela 5).

Tabela 5 - Parâmetros ruminiais e sangüíneos de cordeiros Santa Inês alimentados com rações contendo casca de soja em substituição parcial ao milho

Variáveis ¹	Tratamentos ²				EPM ³	Efeito ⁴		H ⁵	T*H ⁶
	CS0	CS15	CS30	CS45		L	Q		
Parâmetros ruminiais									
Acetato, mM	26,01	30,41	37,08	41,94	0,94	<0,01	NS	<0,05	NS
Propionato, mM	21,93	29,36	16,02	7,58	1,72	<0,01	<0,05	<0,01	0,09
Butirato, mM	4,47	6,71	6,54	6,64	0,23	NS	NS	<0,01	NS
AGCC total, mM	53,57	69,98	61,20	57,58	2,17	NS	NS	<0,05	NS
A:P ⁷	2,18	2,35	3,52	7,55	0,31	<0,01	<0,01	<0,05	NS
pH ruminal	5,96	5,89	6,13	6,18	0,04	<0,01	NS	<0,01	<0,01
N - NH ₃ , mg/dL	10,31	10,09	11,18	12,40	0,80	NS	NS	<0,01	NS
Parâmetros sangüíneos									
NUP, mg/dL	31,1	31,0	29,5	30,5	0,77	NS	NS	<0,01	NS
Glicose, mg/dL	74,5	84,7	81,6	79,2	0,70	NS	NS	NS	NS

¹mM: milimol; AGCC: ácidos graxos de cadeia curta; N-NH₃: concentração ruminal de nitrogênio amoniacal, NUP: nitrogênio uréico plasmático.

²Tratamentos: CS0: inclusão total de milho; CS15: 15% de substituição do milho pela casca de soja; CS30: 30% de substituição do milho pela casca de soja; CS45: 45% de substituição do milho pela casca de soja.

³EPM: Erro padrão da média.

⁴Efeito: Valor de P para o teste de polinômio ortogonal, resposta cúbica não significativa (P > 0,05).

⁵H: efeito de horas.

⁶T*H: efeito da interação entre tratamentos e horas

⁷A:P relação entre a concentração molar de acetato e a concentração molar de propionato.

Figura 1 - Concentração molar total dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no fluido ruminal de cordeiros Santa Inês em função da inclusão de CS nas rações em substituição parcial ao milho e das horas após a alimentação

As Figuras 2 e 3 apresentam a concentração molar de acetato e de propionato no fluido ruminal em função dos tratamentos e das horas de colheita. A concentração média diária de acetato aumentou linearmente ($P < 0,01$) com a inclusão de CS, e verificou-se efeito de horas ($P < 0,05$). Entretanto, não houve efeito da interação entre horas e tratamentos (Tabela 5). O aumento na concentração de acetato com a inclusão de CS se deveu ao maior teor de FDN da ração com a inclusão da CS, visto que o acetato é o principal AGCC produzido durante a fermentação da fibra. Estes dados estão de acordo com os encontrados na literatura que também demonstraram efeito da inclusão da CS em substituição ao milho sobre o aumento da concentração ruminal de acetato (CUNNINGHAM; CECAVA; JOHNSON, 1993; GRIGSBY et al., 1992; IPHARRAGUERRE et al., 2002; SARWAR; FIRKINS; EASTRIDGE, 1992).

A concentração média diária de propionato apresentou resposta quadrática ($P < 0,05$), tendo-se a máxima concentração no tratamento CS15. Verificou-se efeito de horas ($P < 0,01$). Entretanto, não houve efeito ($P = 0,09$) da interação entre horas e tratamentos (Tabela 5).

Figura 2 - Concentração molar de acetato no fluido ruminal de cordeiros Santa Inês em função da inclusão de CS nas rações em substituição parcial ao milho e das horas após a alimentação

Figura 3 - Concentração molar de propionato no fluido ruminal de cordeiros Santa Inês em função da inclusão de CS nas rações em substituição parcial ao milho e das horas após a alimentação

A relação acetato/propionato aumentou de maneira quadrática ($P < 0,01$) com a inclusão de CS, verificou-se efeito de horas ($P < 0,05$). Entretanto, não houve efeito da interação entre horas e tratamentos (Tabela 5). A Figura 4 apresenta os valores da relação acetato/propionato no fluido ruminal em função dos tratamentos e das horas de colheita.

Figura 4 - Relação acetato/propionato no fluido ruminal de cordeiros Santa Inês em função da inclusão de CS nas rações em substituição parcial ao milho e das horas após a alimentação

Nos tratamentos CS0 e CS15 verificou-se que a relação acetato/propionato reduziu rapidamente após o fornecimento das rações e atingiu o valor mínimo 4 horas após a alimentação, tendendo a aumentar após este horário, indicando maior velocidade de degradação do amido. No tratamento CS45, nota-se uma redução gradativa na relação acetato/propionato até 12 horas após a alimentação. Indicando uma menor taxa de digestão e maior extensão de digestão. O que está de acordo com o observado por Piwonka e Firkins (1996) que verificaram maior taxa de digestão e menor extensão de digestão do milho em relação à CS.

O pH do fluido ruminal aumentou linearmente ($P < 0,01$) com a inclusão de CS, houve efeito de horas ($P < 0,01$) e da interação entre tratamentos e horas ($P < 0,01$), (Tabela 5). A Figura 5 apresenta os valores de pH ruminal em função dos tratamentos e das horas de colheita.

A inclusão de CS nas rações reduziu a variação diária no pH ruminal. Os valores obtidos foram $5,96 \pm 0,54$; $5,89 \pm 0,41$; $6,13 \pm 0,28$ e $6,18 \pm 0,22$ (média $\pm$ DP) para os tratamentos CS0, CS15, CS30 e CS45, respectivamente. Sendo que a partir de 6 horas após a alimentação o pH ruminal para os tratamentos CS30 e CS45 foi superior ao observado para os tratamentos CS0 e CS15 ($P < 0,05$), exceto na hora 12 após a alimentação em que o tratamento CS15 não diferiu do CS30 ($P > 0,05$). Além disso, em

todos os horários de colheita não houve diferença nas curvas de pH ruminal entre os tratamentos CS0 e CS15 ($P > 0,05$), bem como entre os tratamentos CS30 e CS45 ($P > 0,05$), o que evidencia que os tratamentos CS30 e CS45 foram mais efetivos em garantir maior estabilidade ao pH ruminal em relação aos tratamentos CS0 e CS15 e que aumento no pH ruminal é observado somente quando mais que 15% de milho é substituído pela CS.

Figura 5 - pH do fluido ruminal de cordeiros Santa Inês em função da inclusão de CS nas rações em substituição parcial ao milho e das horas após a alimentação

Em geral, a substituição do milho pela CS não afeta o pH ruminal (CUNNINGHAM; CECAVA; JOHNSON, 1993; ELLIOTT et al., 1995; GRIGSBY et al., 1993; MANSFIELD; STERN, 1994; ZERVAS et al., 1998). Entretanto, em todos estes experimentos a inclusão de volumoso nas rações experimentais foi maior ($\geq 44\%$ de volumoso) que a utilizada neste experimento (10% de feno de *coastcross*). O único trabalho revisado em que o milho foi substituído pela CS em rações com alto teor de concentrado, não apresentou dados de pH ruminal (LUDDEN; CECAVA; HENDRIX, 1995). Contudo, para embasar a idéia de que a substituição do milho pela CS reduz a variação diária no pH ruminal, com ração contendo 50% de milho o menor pH (5,65) foi verificado 6 horas após a alimentação, enquanto que com ração com 50% de CS o

menor pH (6,00) foi verificado somente 12 horas após a alimentação (ANDERSON et al., 1988a).

Não houve efeito dos tratamentos sobre a concentração de amônia no fluido ruminal, e nem da interação entre tratamentos e horas. Entretanto, verificou-se efeito de horas ($P < 0,01$), (Tabela 5). Os valores das concentrações de amônia em função das horas após a alimentação estão apresentados na Figura 6.

O pico da concentração de amônia ruminal ocorreu duas horas após o fornecimento das rações, provavelmente devido à presença de 0,50% de uréia nas rações experimentais (OWENS; ZINN, 1988).

As médias da concentração ruminal de amônia para todos os tratamentos são superior a mínima concentração (5 mg/dL) recomendada para maximizar o crescimento microbiano ruminal. Isto sugere que não houve deficiência de amônia no fluido ruminal para a síntese de proteína microbiana.

Figura 6 - Concentração de nitrogênio amoniacal no fluido ruminal de cordeiros Santa Inês em função da inclusão de CS nas rações em substituição parcial ao milho e das horas após a alimentação

De modo semelhante ao observado para a concentração de amônia ruminal, também não houve efeito dos tratamentos sobre a concentração de nitrogênio uréico no plasma sanguíneo dos cordeiros, e nem da interação entre tratamentos e horas.

Entretanto, verificou-se efeito de horas ($P < 0,01$), (Tabela 5). Os valores das concentrações de nitrogênio uréico plasmático em função das horas após a alimentação estão apresentados na Figura 7.

Figura 7 - Concentração de nitrogênio uréico no plasma sanguíneo de cordeiros Santa Inês em função da inclusão de CS nas rações em substituição parcial ao milho e das horas após a alimentação

A concentração plasmática de glicose (mg/dL), não foi afetada pelos tratamentos (Tabela 5). Em ruminantes, o propionato é a principal fonte de glicose, podendo formar até 70% do total de glicose do organismo via gliconeogênese (SWENSON, 1970). Com base neste conhecimento poderia esperar-se efeito da inclusão da CS nas rações sobre a concentração plasmática de glicose, visto que a concentração plasmática de propionato foi afetada pelos tratamentos (Tabela 5). Isto mostra que o organismo é muito eficiente em manter estável a concentração de glicose plasmática, conforme o proposto por (SWENSON, 1970).

3.4 Conclusões

A substituição do milho pela casca de soja não afetou a digestibilidade da MS, aumentou o consumo de nutrientes, aumentou o pH ruminal e reduziu sua variação ao longo das horas após a alimentação, mostrando ser uma alternativa interessante para

substituir o milho em rações com alto teor de concentrado para cordeiros. Além disso, sua utilização não afetou os parâmetros sangüíneos e reduziu a retenção de nitrogênio.

Referências

ANDERSON, S.J.; MERRILL, J.K.; KLOPFENSTEIN, T.J. Soybean hulls as na energy supplement for the grazing ruminant. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 66, p. 2959 - 2964, 1988a.

ANDERSON, S.W.; MERRIL, J.K.; MCDONNELL, M.L.; KLOPFENSTEIN, T.J. Digestibility and utilization of mechanically processed soybean hulls by lambs and steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 66, p. 2965-2975, 1988b.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16th ed. Gaithersburg, 1997. 1141 p.

BACH, A.; YOON, I.K.; STERN, M.D.; JUNG, H.G.; JONES, H.C. Effect of type of carbohydrate supplementation to lush pasture on microbial fermentation in continuous culture. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 82, p. 153-160, 1999.

BARHAN, D.; TRINDER, P. An improved color reagent for the determination of blood glucose by oxidase system. **Analyst**, London, v. 97, p. 142-145, 1972.

CAMPOS, F.P.; NUSSIO, C.M.B.; NUSSIO, L.G. **Métodos de análises de alimentos**. Piracicaba: FEALQ, 2004. 135 p.

CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, Washington, v. 8, p. 130-137, 1962.

CUNNINGHAM, K.D.; CECAVA, M.J.; JOHNSON, T.R. Nutrient digestion, nitrogen, and amino acid flows in lactating cows fed soybean hulls in place of forage or concentrate. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 76, p. 3523-3535, 1993.

ELLIOT, J.P.; DRACKLEY, J.K.; FOHEY, G.C.; SHANKS, R.D. Utilization of supplemental fat by dairy cows fed diets varying in content of nonstructural carbohydrates. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 78, p. 1512-1525, 1995.

FIRKINS, J.L. Effects of feeding nonforage fiber sources on site of fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 80, p. 1426-1437, 1997.

GRANT, R.J. Influence of corn and sorghum starch on the in vitro kinetics of forage fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 77, p. 1563-1569, 1994.

GRIGSBY, K.N.; KERLEY, M.S.; PATERSON, J.A.; WEIGEL, J.C. Combinations of starch and digestible fiber in supplements for steers consuming a low-quality bromegrass hay diet. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 71, p. 1057-2064, 1992.

_____. Combinations of starch and digestible fiber in supplements for steers consuming a low-quality bromegrass hay diet. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 71, p. 1057-2064, 1993.

HOOVER, W.H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 69, p. 2755-2766, 1986.

HSU, J.T.; FAULKNER, D.B.; GARLEB, K.A.; BARCLAY, R.A.; FAHEY, G.C.; BERGER, L.L. Evaluation of corn fiber, cottonseed hulls, oat hulls and soybean hulls as roughage sources for ruminants. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 65, p. 244-255, 1987.

IPHARRAGUERRE, I.R.; CLARK, J.H. Soyhulls as an alternative feed for lactating dairy cows: a review. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 86, p. 1052-1073, 2003.

LUDDEN, P.A.; CECAVA, M.J.; HENDRIX, K.S. The value soybean hulls as a replacement for corn in beef cattle diets formulated with or without added fat. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 73, p. 2706-2711, 1995.

MANSFIELD, H.R.; STERN, M.D. Effects of soybean hulls and lignosulfonate-treated soybean meal on ruminal fermentation in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 77, p. 1070-2083, 1994.

MERTENS, D.R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulação de rações. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992. p.188-219.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants**. Washington: National Academic Press, 2007. 292 p.

OWENS, F.N.; ZINN, R. Protein metabolism of ruminant animals. In: CHURCH, D.C. (Ed.). **The ruminant animal**. Englewood Cliffs: Waveland Press, 1988. chap. 12, p. 227-249.

PIWONKA, E.J.; FIRKINS, J.L. Effect of glucose fermentation on fiber digestion by ruminal microorganisms in vitro. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 79, p. 2196-2206, 1996.

SARWAR, M.; FIRKINS, J.L.; EASTRIDGE, M.L. Effects of varying forage and concentrate carbohydrates on nutrient digestibilities and milk production by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 75, p. 1533-1542, 1992.

SAS INSTITUTE. **SAS systems for windows**: version 8. Cary, 1999.

SWENSON, M.J. **Duke's physiology of domestic animals** 2nd ed. Ithaca: Cornell University Press, 1970. 1463 p.

SWIFT, R.W. The caloric value of TDN. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 16, p. 753-756, 1957.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476 p.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

WEIDNER, S.J.; GRANT, R.J. Altered ruminal mat consistency by high percentages of soybean hulls fed to lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 77, p. 522-532, 1994.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; St. PIERRE, N.R. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 39, p. 95-110, 1992.

ZERVAS, G.; FEGEROS, K.; KOYTSOTOLIS, K.; GOULAS, C.; MANTZIOS, A. Soy hulls as a replacement for maize in lactating dairy ewe diets with or without dietary fat supplements. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 76, p. 65-75, 1998.

4 DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DA CARCAÇA E COMPORTAMENTO INGESTIVO DE CORDEIROS DA RAÇA SANTA INÊS ALIMENTADOS COM CASCA DE SOJA EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL AO MILHO

Resumo

Os objetivos deste experimento foram avaliar o efeito da substituição parcial do milho pela casca de soja (CS) sobre o desempenho, as características da carcaça e o comportamento ingestivo de cordeiros da raça Santa Inês. Sessenta e quatro cordeiros com peso corporal (PC) médio inicial de $18,3 \pm 2,8$ kg e idade de 69 ± 5 dias foram confinados, distribuídos em um delineamento experimental de blocos completos casualizados, com quatro tratamentos, oito repetições e dois animais por unidade experimental. O tratamento controle (CS0) continha 70% de milho (% MS), sendo o milho substituído em 15%, 30% e 45% pela CS, constituindo os tratamentos CS0, CS15, CS30 e CS45, respectivamente. As rações experimentais foram isonitrogenadas ($19,0 \pm 0,4\%$ de PB), contendo 90% de concentrado e 10% de feno de “coastcross” (*Cynodon* sp.). O ganho médio diário (GMD), as características da carcaça e os tempos gastos com as atividades de ingestão (min/g de MS), ruminação (min/dia e min/g de MS) e mastigação (min/dia) não foram afetados pelos tratamentos. O consumo de MS e de FDN, a conversão alimentar (CA) e os tempos gastos com ruminação (min/g de FDN) e mastigação (min/g de MS) aumentaram linearmente ($P < 0,05$) com a inclusão de CS. A CS pode ser incluída em rações com alto teor de concentrado para cordeiros, em substituição parcial ao milho, sem comprometer o GMD e as características da carcaça dos animais. Contudo, sua utilização piorou a CA.

Palavras-chave: Confinamento; Energia; FDN; Co-produtos; Carcaça; Ovinos

PERFORMANCE, CARCASS CHARACTERISTICS AND INGESTIVE BEHAVIOR OF SANTA INES LAMBS FED SOYBEAN HULLS REPLACING CORN

Abstract

The objectives of this experiment was to evaluate the effects of replacing corn by soybean hulls (SH) in high concentrate diets on performance, carcass characteristics and ingestive behavior of Santa Ines lambs. Sixty-four Santa Ines lambs (BW 18.3 ± 2.8 kg and 69 ± 5 days old) were penned (2/pen) and used in a complete randomized block with four treatments and eight replicates. The control treatment (SH0) was a diet containing 70% of corn on a DM basis. On the others diets corn was replaced by SH at 15, 30 and 45%, corresponding to the experimental treatments SH0, SH15, SH30 and

SH45, respectively. All diets were isonitrogen ($19 \pm 0.4\%$ of CP), containing 90% of concentrate and 10% “coastcross” hay (*Cynodon* sp.). Averaged daily gain (ADG), carcass characteristics and the times expended in ingestion (min/g of DM), rumination (min/day and min/g of DM) and chewing (min/day) activities were similar among treatments. DM and NDF intake, FC and the time expended in rumination (min/g of NDF) and chewing (min/g of DM) increased linearly ($P < 0.05$) with higher levels of soybean hulls. SH may be included in high concentrate diets for lambs at replacing corn, with no detrimental effect on ADG and carcass characteristics. However, worsened the FC.

Keywords: Feedlot; Energy; NDF; Co-products; Carcass; Sheep

4.1 Introdução

A estratégia de confinamento de cordeiros visa encurtar o ciclo de produção e fornecer carne de qualidade ao mercado consumidor ao longo do ano. Os planos nutricionais utilizados em sistemas de confinamento baseiam-se principalmente no uso do milho como ingrediente energético da ração, sendo este o componente de maior destaque nos custos de alimentação.

A inclusão de fontes energéticas alternativas, especialmente os co-produtos da agroindústria em rações para ruminantes, tem como principal objetivo reduzir custo de produção. Outro benefício é a redução do teor de amido das rações, com concomitante aumento nos teores de fibra digestível, contribuindo para a melhoria do ambiente ruminal.

Quando a ração de lucro máximo é aquela que permite o maior ganho de peso diário, as formulações devem maximizar o suprimento de energia ao animal e ainda fornecer quantidade mínima de fibra efetiva para estimular a salivação, a ruminação e manter a saúde ruminal. A casca de soja (CS) é classificada como um co-produto concentrado volumoso, concentrado porque aumenta a ingestão de energia quando substitui alimentos volumosos e quando substitui ingredientes energéticos seu valor nutritivo tem se equiparado ao dos grãos (EZEQUIEL et al., 2006; MENDES et al., 2005; RESTLE et al., 2006), e devido ao alto teor de fibra em detergente neutro (FDN) e padrão fermentativo ruminal semelhante ao de alimentos volumosos a CS é classificada como volumoso.

Ipharraguerre e Clark (2003) revisaram vários artigos que avaliaram os efeitos da substituição de alimentos concentrados ou volumosos por CS. Em um dos trabalhos, os autores verificaram tendência de aumento linear no pH ruminal, na concentração total de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e na concentração de acetato quando a CS substituiu o milho. Diante disso, é importante investigar os efeitos da inclusão de CS nas rações sobre o comportamento ingestivo dos animais. A atividade de mastigação afeta diretamente a secreção de saliva, a fermentação ruminal (pH e AGCC) e o consumo de matéria seca (CMS), (COLENBRABDER; NOLLER; GRANT, 1991).

Os objetivos deste experimento foram avaliar o efeito da substituição parcial do milho pela CS em rações com alto teor de concentrado sobre o desempenho, as características da carcaça e o comportamento ingestivo de cordeiros da raça Santa Inês em confinamento.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Animais e instalações experimentais

O experimento foi conduzido nas instalações para confinamento de ovinos do Setor de Produção Intensiva de Ovinos e caprinos do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ - USP) nos meses de outubro a dezembro de 2006. Foram utilizados 64 cordeiros não castrados da raça Santa Inês, confinados em baias cobertas com piso de concreto, cocho e bebedouro, sendo dispostos dois animais por baia. O peso corporal (PC) inicial dos animais foi de $18,3 \pm 2,8$ kg e a idade de 69 ± 5 dias. Todos os animais foram everminados, vacinados contra clostridioses e receberam aplicação de suplemento vitamínico ADE antes do início do experimento.

4.2.2 Período experimental e tratamentos

O período experimental teve duração de 56 dias, sendo dividido em dois sub-períodos de 28 dias. As pesagens dos animais foram realizadas nos dias 0, 28 e 56 do

período experimental, após jejum alimentar de 16 horas, para determinação do ganho de peso médio diário (GDM).

As rações experimentais foram definidas pela substituição do milho pela CS. O tratamento controle continha 70% de milho (% MS), sendo o milho substituído em 0%, 15%, 30% e 45% pela CS, correspondendo a 0; 10,5; 21,0 e 31,4% de inclusão de CS na MS da ração, constituindo os tratamentos CS0, CS15, CS30 e CS45, respectivamente. As rações foram isonitrogenadas ($19,0 \pm 0,4\%$ de PB), compostas por 90% de concentrado e 10% de volumoso (feno de “coastcross”). A proporção dos ingredientes e a composição química das rações experimentais estão apresentadas na Tabela 6.

O milho e a CS peletizada foram moídos em um picador moedor da marca Nogueira® modelo DPM – 4, desprovido de peneira, caracterizando uma moagem grosseira destes ingredientes. O feno foi picado utilizando-se o mesmo equipamento provido de peneira com crivos de 1,0 cm, a moagem da CS objetivou garantir melhor homogeneização desta, na ração evitando seleção pelos animais. Todos os ingredientes previamente pesados foram homogeneizados em um misturador horizontal da marca Lucato® com capacidade para 500 kg. Em todas as rações adicionou-se 25 g de monensina sódica por 100 kg de matéria original da ração total para controle de coccidiose.

As rações foram pesadas em balança eletrônica com precisão de 20 g e ofertadas *ad libitum* a cada dois dias. Duas vezes ao dia a ração era revolvida no cocho, objetivando sua homogeneização e estimular os animais a consumirem, bem como visualizar as sobras que foram mantidas em média ao redor de 10% da quantidade de ração ofertada.

Uma vez por semana as sobras das rações foram pesadas para a determinação do CMS por unidade experimental, 10% das sobras de cada semana foram amostradas e compostas por tratamento e por período experimental e o restante devolvido ao cocho juntamente com a “nova” ração ofertada. As amostras das sobras e de cada partida de ração ofertada foram conservadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ para posterior análise no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP. Depois de

descongeladas, as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley com peneiras com crivos de 1,0 mm.

Tabela 6 - Proporção dos ingredientes e composição química das rações experimentais (% MS)

Variáveis	Tratamentos ¹			
	CS0	CS15	CS30	CS45
Ingredientes				
Feno de “coastcross”	10,0	10,0	10,0	10,0
Casca de Soja	-	10,5	21,0	31,4
Milho	69,5	58,7	48,1	37,9
Farelo de Soja	12,8	12,5	12,1	11,9
Farelo de Trigo	3,7	4,5	5,2	5,4
Uréia	0,5	0,5	0,5	0,5
Cloreto de Amônio	0,5	0,5	0,5	0,5
Calcário	1,7	1,5	1,3	1,1
Mistura Mineral ²	1,3	1,3	1,3	1,3
Composição Química				
Matéria seca	90,1	90,2	89,9	90,0
Matéria orgânica	94,8	94,4	94,6	94,4
Matéria mineral	5,2	5,6	5,4	5,6
Proteína bruta	19,6	18,7	18,9	18,9
Fibra em detergente Neutro	20,3	27,2	34,2	40,5

¹Tratamentos: CS0: inclusão total de milho; CS15: 15% de substituição do milho pela casca de soja; CS30: 30% de substituição do milho pela casca de soja; CS45:45% de substituição do milho pela casca de soja.

² Composição:7,5% P; 19% Ca; 1% Mg; 7% S; 14,3% Na; 21,8% Cl; 500 ppm Fe; 300 ppm Cu; 4600 ppm Zn; 1100 ppm Mn; 80 ppm I; 405 ppm Co; 30 ppm Se.

A matéria seca (MS) e a matéria mineral (MM) foram determinadas de acordo com a Association of Official Analytical Chemists - AOAC (1997), o N total foi determinado utilizando o Leco FP 528 (Leco Corporation, St. Joseph, MI) conforme a AOAC (1997), a FDN foi quantificada adicionando-se sulfito de sódio e α - amilase termo-estável (VAN SOEST; ROBERTSON; LEWIS, 1991) e a matéria orgânica (MO) foi calculada pela diferença entre a MS e a MM.

4.2.3 Comportamento ingestivo dos animais

No ultimo dia de cada sub-período experimental (dias 28 e 56 do período experimental) avaliou-se o comportamento ingestivo de cada animal, durante 24 horas, com observações realizadas a cada 5 minutos. Como a unidade experimental (baia) possuía dois animais, para a diferenciação dos mesmos, colocou-se uma coleira branca no animal de maior número, obtendo-se com isso, o dobro de unidades de observação no experimento de comportamento ingestivo em relação ao experimento de desempenho. Determinou-se os tempos gastos com ingestão, ruminação, mastigação e ócio em min/dia, min/g de MS e min/g de FDN consumida. O tempo despendido em cada atividade foi calculado multiplicando-se o número total de cada observação por cinco. A atividade de mastigação foi calculada através do somatório das atividades de ingestão e ruminação, conforme Weidner e Grant (1994a).

A Tabela 7 apresenta o fracionamento e o tamanho médio de partículas (TMP) das rações experimentais.

Tabela 7 - Fracionamento e tamanho médio de partículas (TMP) das rações experimentais

Variáveis	Tratamentos ¹			
	CS0	CS15	CS30	CS45
Tamanho de partículas	% de partículas retidas por peneira			
> 2,00 mm	14,9	13,5	13,7	12,8
1,99 - 1,00 mm	34,9	32,6	33,4	31,9
0,99 - 0,84 mm	9,9	10,1	9,0	10,9
0,83 - 0,42 mm	20,6	24,2	25,1	26,4
0,41 - 0,25 mm	10,4	10,9	10,8	10,6
Fundo	9,1	8,8	7,9	7,6
TMP (mm)	1,3	1,3	1,3	1,3

¹Tratamentos: CS0: inclusão total de milho; CS15: 15% de substituição do milho pela casca de soja; CS30: 30% de substituição do milho pela casca de soja; C45S:45% de substituição do milho pela casca de soja.

Para a determinação do TMP, utilizou-se uma amostra (30g) composta de todas as partidas de cada ração ofertada durante o experimento de desempenho, e um

agitador de peneiras com crivos de 0,25; 0,42; 0,84; 1,0 e 2,0 mm. O tempo de agitação foi de 4 minutos, após a estratificação das partículas calculou-se a porcentagem de partículas retida em cada peneira. O cálculo do TMP foi realizado conforme metodologia descrita por Yu et al. (1998).

4.2.4 Abate dos animais e avaliação da carcaça

Ao final do experimento de desempenho todos os animais foram abatidos quando atingiram o peso corporal ao abate (PCA) de $38,3 \pm 1,2$ kg, após jejum de sólidos de 16 horas, para a mensuração dos parâmetros da carcaça: peso de carcaça quente (PCQ), peso de carcaça resfriada (PCF), rendimento de carcaça quente (RCQ), rendimento de carcaça fria (RCF), quebra por resfriamento (QR), espessura de gordura (EG) e área de olho de lombo (AOL). Os animais que ao final dos 56 dias de confinamento não atingiram o peso pré-determinado foram mantidos em confinamento sob os mesmos tratamentos experimentais até que atingissem o PCA.

Após o abate, os cordeiros foram pesados, obtendo-se o PCQ, em seguida, as carcaças foram resfriadas em câmara de refrigeração a 2,0 °C por 24 horas. Após esse período, as carcaças foram novamente pesadas para a obtenção do PCF. Para a determinação do RCQ, RCF e QR foram utilizadas as fórmulas que seguem: $RCQ = (PCQ/PCA) \times 100$; $RCF = (PCF/PCA) \times 100$; $QR = [(PCQ-PCF)/PCQ] \times 100$. Após as pesagens, as carcaças resfriadas foram seccionadas longitudinalmente em duas meias carcaças aproximadamente simétricas e posteriormente seccionadas entre a 12º e 13º vértebras para a medição da EG e AOL. A medida da EG foi tomada na face cranial de cada meia carcaça entre a 12º e 13º vértebras através de um paquímetro graduado em mm. O perímetro da face exposta do músculo *longissimus dorsi* foi desenhado em papel vegetal e sua área foi mensurada por meio de um planímetro graduado em cm².

4.2.5 Análises de custo com alimentação

Análise dos custos com as rações experimentais foi realizada, calculou-se o custo por kg de MS de cada ração experimental, o custo diário por animal no confinamento, o custo por kg de carcaça produzido e custo por animal no período total

de confinamento. O valor dos ingredientes utilizados foi obtido por meio de um levantamento de preços médios realizados durante o mês março de 2007.

4.2.6 Análise Estatística

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados com quatro tratamentos e oito repetições, sendo os blocos definidos de acordo com o peso e a idade dos animais no início do experimento. A análise estatística dos dados foi realizada através do procedimento GLM do programa estatístico SAS (1999), conforme o modelo: $Y = M + B_i + T_i + E_{ij}$, sendo: M = média, B_i = efeito de bloco, T_i = efeito de tratamento e E_{ij} = Efeito aleatório. Testes para polinômios ortogonais (linear, quadrático e cúbico) foram aplicados quando detectou-se efeito de tratamento ($P < 0,05$).

4.3 Resultados e discussão

4.3.1 Desempenho animal

O GMD não foi influenciado pelos tratamentos. Entretanto, o CMS em kg/dia, g/kg de $PC^{0,75}$ e em % do PC, bem como a conversão alimentar (CA) aumentaram linearmente ($P < 0,01$) com a inclusão de CS (Tabela 8).

O GMD dos cordeiros foi de 281 g, que é condizente com os verificados na literatura para cordeiros da raça Santa Inês em confinamento, quando alimentados com rações contendo alto teor de concentrado. Gastaldello Junior et al. (2007) e Urano et al. (2006) avaliaram rações contendo 90% de concentrado e cerca de 70% de milho na MS, similares a utilizada neste experimento, e obtiveram GMD de 277 e 296 g, respectivamente. Estando estes valores de acordo com os recomendados pelo NRC (2007) para cordeiros com peso médio de 30 kg, que varia de 200 a 400 g/dia.

Os trabalhos que avaliaram o efeito da inclusão de CS em substituição a grãos de cereais em rações com alto teor de concentrado sobre o desempenho de ovinos e bovinos apresentam resultados inconsistentes. Hsu et al. (1987) compararam rações com 90% de concentrado contendo milho ou CS no teor de 70% da MS, e também não verificaram efeito sobre GMD de ovinos. Entretanto, Ludden, Cecava e Hendrix (1995)

alimentaram novilhos com rações contendo 95% de concentrado, com inclusão de 20, 40 e 60% de CS em substituição a uma quantidade similar de milho, e verificaram redução linear no GMD dos animais. Todavia, está bem documentado na literatura, que em rações contendo pelo menos 35% de volumoso a CS apresenta valor alimentício similar ao milho não alterando o desempenho animal (HSU et al., 1987; FISCHER; MÜHLBACH, 1999; MENDES et al., 2005; EZEQUIEL et al., 2006).

Tabela 8 - Desempenho de cordeiros Santa Inês alimentados com rações contendo casca de soja em substituição parcial ao milho

Variáveis	Tratamento ¹				EPM ²	Efeito ³	
	CS0	CS15	CS30	CS45		L	Q
Idade inicial, dias	69	71	71	67	0,88	NS	NS
Idade final, dias	125	127	127	123	0,88	NS	NS
Peso inicial, kg	18,0	19,0	18,9	18,3	0,52	NS	NS
Peso final, kg	33,5	34,6	34,8	34,3	0,64	NS	NS
GMD, kg	0,276	0,278	0,282	0,287	0,01	NS	NS
CMS							
kg/dia	0,966	1,031	1,079	1,144	0,02	<0,01	NS
g/kg de PC ^{0,75}	81,3	87,1	90,0	97,5	0,01	<0,01	NS
% PC	3,8	3,9	4,0	4,4	0,07	<0,01	NS
CA, kg MS/kg ganho	3,51	3,71	3,81	3,98	0,06	<0,01	NS

¹Tratamentos: CS0: inclusão total de milho; CS15: 15% de substituição do milho pela casca de soja; CS30: 30% de substituição do milho pela casca de soja; CS45: 45% de substituição do milho pela casca de soja.

²EPM: Erro padrão da média.

³Efeito: Valor de P para o teste de polinômio ortogonal, resposta cúbica não significativa ($P > 0,05$).

O principal fator que permite a CS manter o desempenho animal quando ofertada em substituição ao milho em rações com maior proporção de volumoso é a redução do efeito associativo negativo do milho sobre a digestão da fibra (NAKAMURA; OWEN, 1989; SARWAR; FIRKINS; EASTRIDGE, 1992).

Quanto ao CMS os resultados obtidos estão de acordo com os reportados por Ludden, Cecava e Hendrix (1995) e Hsu et al. (1987). Possivelmente, o aumento no CMS verificado pode ser atribuído a maior taxa de passagem das rações com a inclusão de CS. Embora, o TMP tenha sido semelhante entre os tratamentos (Tabela 7), sendo pouco provável ter havido efeito desta variável sobre a taxa de passagem das

rações. Entretanto, Grant (1997) sugeriu que em fontes de fibra não forragem a gravidade específica e não o tamanho de partícula é a principal moduladora da taxa de passagem. Dados de experimentos com bovinos demonstraram que partículas com gravidade específica média de 1,2 a 1,5 tem maior taxa de passagem (MURPHY; KENNEDY; WELCH, 1989). Para a CS, Weidner e Grant (1994b) encontraram que a gravidade específica inicial de 60% das partículas permaneceu entre 1,2 e 1,4, e após 3 horas de incubação ruminal, aumentou para valores maiores que 1,4.

A menor densidade energética da CS em relação ao milho (NRC, 2007), também pode ter contribuído para o aumento no CMS, uma vez que o aumento na concentração de FDN das rações com maiores teores de CS não promoveu redução no CMS. Segundo Mertens (1992) o CMS está negativamente correlacionado com a concentração de FDN quando o enchimento ruminal limita à ingestão, mas, positivamente correlacionado quando a energia é o fator limitante.

Ipharraguerre e Clark (2003) revisaram dados de 10 experimentos e procuram relacionar o CMS ao teor de FDN da CS, os autores não encontram efeito significativo do aumento no teor de FDN de CS sobre o CMS. Armentano e Pereira (1997) revisaram dados de 32 estudos e concluíram que não houve correlação significativa entre o CMS e a concentração de fontes de fibra não forragem. Possivelmente, o grande potencial de degradação da FDN da CS e a sua rápida taxa de passagem foram determinantes para que esta fonte de fibra não tenha promovido limitação física ao CMS.

O aumento na CA com a inclusão de CS está de acordo com o observado por Ludden, Cecava e Hendrix (1995) que verificaram similar redução na eficiência alimentar de bovinos conforme o milho foi substituído pela CS. Entretanto, a pior CA encontrada (3,98) no tratamento 45CS pode ser considerada adequada para cordeiros confinados, baseado nos dados reportados na literatura (ROCHA, 2004; URANO et al., 2006; GASTALDELLO JUNIOR et al., 2007; RODRIGUES et al., 2008).

4.3.2 Características da carcaça

As características da carcaça não foram influenciadas pelos tratamentos (Tabela 9). Os valores médios verificados, para as variáveis PCA, RCQ, RCF e QR, foram: 38,3 kg; 50,9%; 49,2%; 3,4%, respectivamente. Estes valores são ligeiramente superiores

aos reportados na literatura (ROCHA et al., 2004; URANO et al., 2006; MARQUES et al., 2007; TURINO et al., 2007; RODRIGUES et al., 2008), que também utilizaram cordeiros da raça Santa Inês confinados. A provável justificativa para estes resultados é que o PCA utilizado neste experimento foi superior aos demais. Uma vez que Oliveira (2002) abateram cordeiros da raça Santa Inês com PCA de 43,7 kg e obtiveram para as variáveis RCQ e RCF valores de 53,30 e 52,60%, respectivamente.

Tabela 9 - Parâmetros da carcaça de cordeiros Santa Inês alimentados com rações contendo casca de soja em substituição parcial ao milho

Variáveis ¹	Tratamento ²				EPM ³	Efeito ⁴	
	CS0	CS15	CS30	CS45		L	Q
Peso ao Abate, kg	38,2	38,4	38,5	37,9	0,21	NS	NS
PCQ, kg	19,3	19,4	19,5	19,6	0,15	NS	NS
PCF, kg	18,6	18,8	18,8	19,0	0,15	NS	NS
RCQ, %	50,6	50,6	50,6	51,7	0,24	NS	NS
RCF, %	48,7	48,9	48,9	50,1	0,29	NS	NS
QR, %	3,7	3,2	3,4	3,1	0,11	NS	NS
AOL, cm ²	13,3	13,4	13,6	13,4	0,18	NS	NS
EG, mm	1,9	2,0	2,1	2,0	0,04	NS	NS

¹PCQ: Peso de carcaça quente; PCF: Peso de carcaça resfriada; RCQ: Rendimento de carcaça quente; RCF: Rendimento de carcaça fria; QR: Quebra por resfriamento; AOL: Área de olho de lombo; EG: Espessura de gordura.

²Tratamentos: CS0: inclusão total de milho; CS15: 15% de substituição do milho pela casca de soja; CS30: 30% de substituição do milho pela casca de soja; CS45: 45% de substituição do milho pela casca de soja.

³EPM: Erro padrão da média.

⁴Efeito: Valor de P para o teste de polinômio ortogonal, resposta cúbica não significativa ($P > 0,05$).

Os valores médios de AOL e EG foram de 13,4 cm² e 2,0 mm, respectivamente. O que está de acordo com os verificados na literatura para cordeiros Santa Inês, que variam de 9,6 a 14,8 cm² para AOL e 1,5 a 3,0 mm para EG (ROCHA et al., 2004; MENDES, 2006; URANO et al., 2006; MARQUES et al., 2007; LOUVANDINI et al., 2007; TURINO et al., 2007; RODRIGUES et al., 2008).

Hashimoto et al. (2007) também não verificaram efeito da substituição do milho pela CS em rações com 30% de volumoso sobre o PCA, RCQ, RCF, QR e AOL de caprinos Bôer x Saanen. Entretanto, os autores verificaram redução na porcentagem de

gordura corporal, e atribuíram este efeito a um possível aumento na produção de acetato ruminal com a inclusão de CS. De acordo com Moe (1981) a infusão de AGCC individuais no rúmen de ovelhas resultou em eficiência de síntese de gordura corporal de 32,9% para o acetato, 56,3% para o propionato e 61,9% para o butirato. Entretanto, a eficiência com que o acetato é utilizado para a síntese de constituintes corporais pode variar entre rações com grande quantidade de fibra e rações que apresentam grande quantidade de amido (TYRRELL et al., 1979).

4.3.3 Comportamento ingestivo

Os dados relativos ao consumo de FDN e ao comportamento ingestivo estão apresentados na (Tabela 10).

O consumo de FDN (CFDN) em kg/dia aumentou linearmente ($P < 0,01$) com a inclusão de CS, tendo relação direta com o maior CMS (Tabela 8) e com o maior teor de FDN das rações conforme o milho foi substituído pela CS (Tabela 6), visto que o teor de FDN da CS é superior ao do milho, sendo, 62 e 9%, respectivamente (NRC, 1997).

Para as atividades de ingestão (min/g de MS), ruminação (min/dia e min/g de MS), mastigação (min/dia) e ócio (min/dia) não houve efeito dos tratamentos. A ausência de efeito da inclusão de CS sobre as atividades de mastigação e ruminação em min/dia se deveu a semelhança no TMP das rações experimentais (Tabela 7). De acordo com Mertens (1997) a atividade de mastigação é influenciada primeiramente pelo tamanho de partícula do alimento, o que define o conceito de fibra fisicamente efetiva (FDNfe).

Araujo (2006) avaliou o efeito da substituição do feno de “coastcross” pela CS em rações contendo concentrações semelhantes de FDN e redução no tamanho de partícula conforme o feno foi substituído pela CS, e verificou redução linear nos tempos gastos com ingestão, ruminação e mastigação em min/dia com a inclusão de CS. Estes resultados associados com os obtidos neste experimento indicam que a CS apresenta baixa concentração de FDNfe.

Tabela 10 - Comportamento ingestivo de cordeiros Santa Inês alimentados com rações contendo casca de soja em substituição parcial ao milho

Variáveis ¹	Tratamentos ²				EPM ³	Efeito ⁴	
	CS0	CS15	CS30	CS45		L	Q
Consumo de FDN							
g/dia	206,0	291,0	373,0	464,0	0,02	<0,01	NS
Ingestão							
Min/dia	238,9	199,1	198,6	234,3	6,84	NS	<0,05
Min/g MS	0,25	0,20	0,19	0,21	0,01	NS	NS
Min/g FDN	1,16	0,69	0,54	0,51	0,06	<0,01	<0,01
Ruminação							
Min/dia	285,5	285,9	286,4	290,1	8,95	NS	NS
Min/g MS	0,30	0,28	0,27	0,26	0,01	NS	NS
Min/g FDN	1,39	1,01	0,77	0,63	0,07	<0,01	NS
Mastigação							
Min/dia	524,0	485,0	485,0	524,3	10,07	NS	NS
Min/g MS	0,55	0,48	0,46	0,46	0,02	<0,05	NS
Min/g FDN	2,55	1,71	1,32	1,14	0,12	<0,01	<0,05
Ócio							
Min/dia	912,1	948,0	950,7	911,4	10,02	NS	NS

¹MS: Matéria seca; FDN: Fibra em detergente neutro; min: Minuto.

²Tratamentos: CS0: inclusão total de milho; CS15: 15% de substituição do milho pela casca de soja; CS30: 30% de substituição do milho pela casca de soja; CS45: 45% de substituição do milho pela casca de soja.

³EPM: Erro padrão da média.

⁴Efeito: Valor de P para o teste de polinômio ortogonal, resposta cúbica não significativa ($P > 0,05$).

Os tempos gastos com ingestão (min/dia e min/g de FDN) e mastigação (min/g FDN) apresentaram resposta quadrática ($P < 0,05$). As atividades de ruminação (min/g FDN) e mastigação (min/g de MS) aumentaram linearmente ($P < 0,05$) com a inclusão de CS, o que pode ser atribuído ao menor teor de FDN na ração controle (0CS). Segundo Grant (1997), os ruminantes aumentam o número de mastigação por kg de FDN de forragem consumida quando o alimento oferecido possui baixa concentração de FDN. Este seria um mecanismo adaptativo com o intuito de evitar distúrbios ruminais.

4.3.4 Análises de custo com alimentação

Os dados relacionados ao custo dos ingredientes, custo das rações experimentais e custo com a alimentação dos cordeiros estão apresentados nas Tabelas 11, 12 e 13, respectivamente.

Tabela 11 - Custo dos ingredientes das rações experimentais

Ingredientes	R\$/t	R\$/t de MS
Feno de <i>coastcross</i>	375,00	407,61
Casca de Soja	230,00	250,00
Milho	450,00	517,00
Farelo de Soja	860,00	934,78
Farelo de Trigo	425,00	482,95
Uréia	1280,00	1293,00
Cloreto de Amônio	5200,00	5361,00
Calcário	200,00	200,00
Mistura Mineral	1666,00	1682,83

Fonte: www.cana.com.br (Piracicaba - SP); www.cepea.esalq.usp.br (Piracicaba - SP); www.chemco.com.br (Campinas - SP); www.qualimix.com.br (Piracicaba - SP); www.mfrural.com.br.

Verificou-se que a CS apresentou preço (R\$/kg de MS) 48% menor em relação ao milho (Tabela 11). Nota-se que o custo da ração reduziu com a inclusão de CS, sendo que os valores por kg de ração formulada foram: 0,61; 0,58; 0,55 e 0,52 reais, para os tratamentos CS0, CS15, CS30 e CS45, respectivamente (Tabela12). É importante salientar que a redução no custo por kg de ração com a inclusão de CS, não se deveu apenas ao menor custo da CS *per se*, deve-se considerar que devido à composição química da CS, comparativamente ao milho, sua inclusão na ração também reduziu a inclusão de farelo de soja (fonte proteína), visto que a CS apresenta maiores teores de PB e em relação ao milho (NRC, 2007).

Tabela 12 - Custo das rações experimentais

Ingredientes	Tratamentos ¹			
	CS0	CS15	CS30	CS45
	R\$/kg	R\$/kg	R\$/kg	R\$/kg
Feno de <i>coastcross</i>	0,04	0,04	0,04	0,04
Casca de Soja	-	0,03	0,05	0,08
Milho	0,36	0,30	0,25	0,19
Farelo de Soja	0,12	0,12	0,11	0,11
Farelo de Trigo	0,02	0,02	0,03	0,03
Uréia	0,01	0,01	0,01	0,01
Cloreto de Amônio	0,03	0,03	0,03	0,03
Calcário	0,01	0,01	0,01	0,01
Mistura Mineral	0,02	0,02	0,02	0,02
Total	0,61	0,58	0,55	0,52

¹Tratamentos: CS0: inclusão total de milho; CS15: 15% de substituição do milho pela casca de soja; CS30: 30% de substituição do milho pela casca de soja; CS45:45% de substituição do milho pela casca de soja.

Tabela 13 - Custo com alimentação de cordeiros Santa Inês recebendo rações contendo casca de soja em substituição parcial ao milho

Variáveis ²	Tratamentos ¹			
	CS0	CS15	CS30	CS45
CMS, kg/dia	0,966	1,031	1,079	1,144
GMD, kg	0,276	0,278	0,282	0,287
CA, kg MS/kg ganho	3,51	3,71	3,81	3,98
RCQ, %	50,6	50,6	50,6	51,7
PC, dias	73	70	70	69
Custo, R\$/kg de MS	0,61	0,58	0,55	0,52
Custo, R\$/animal/dia	0,59	0,60	0,59	0,59
Custo, R\$/kg de GMD	2,14	2,15	2,10	2,07
Custo, R\$/kg de carcaça	4,23	4,25	4,15	4,00
Custo do animal no PC	43,07	42,00	41,30	40,71

¹Tratamentos: CS0: inclusão total de milho; CS15: 15% de substituição do milho pela casca de soja; CS30: 30% de substituição do milho pela casca de soja; CS45:45% de substituição do milho pela casca de soja.

²PC: Período de confinamento.

Custo (R\$/animal/dia) = Custo (kg MS) * CMS(kg/dia).

Custo (R\$/kg de GMD) = CA * Custo (kg MS).

Custo (R\$/kg de carcaça) = (Custo (kg GMD) / RCQ (%)) * 100.

Custo do animal no PC = Custo (R\$/animal/dia) * PC (dias).

Apesar da redução numérica no custo da ração com a inclusão de CS, o custo diário com alimentação foi semelhante entre os tratamentos, permanecendo em média ao redor de R\$ 0,59 por cordeiro (Tabela 13), o que se deveu ao maior consumo de MS de ração com a inclusão de CS. Como reflexo da pior CA alimentar dos animais com a inclusão de CS nas rações, o custo por kg de GMD também foi semelhante entre os tratamentos, sendo em média de R\$ 2,11. Como também foi semelhante o custo por kg de carcaça, sendo em média de R\$ 4,06 (Tabela 13). Entretanto, considerando o custo no período de confinamento (PC) total, verificou-se redução de R\$ 2,32 com a substituição de 45% do milho (CS45) pela CS (Tabela 13), que ocorreu devido à redução de 4 dias no PC total dos animais alimentados com a ração contendo 45% de CS.

4.4 Conclusões

A casca de soja pode ser utilizada em substituição parcial ao milho em rações com alto teor de concentrado, sem afetar o ganho de peso e as características da carcaça de cordeiros.

A substituição do milho pela casca de soja não afetou o tempo diário despendido com as atividades de ruminação e mastigação.

A inclusão de CS nas rações piorou a conversão alimentar em até 13,4%, entretanto, reduziu o custo de produção por cordeiro em até 5,5%.

Referências

ARAUJO, R.C. **Produção de leite e atividade ovariana pós-parto de ovelhas Santa Inês alimentadas com casca de soja em substituição ao feno de “coastcross” (Cynodon sp.).** 2006. 136 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2006.

ARMENTANO, L.; PEREIRA, M. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 80, p. 1416-1425, 1997.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis.** 16th ed. Gaithersburg, 1997. 1141 p.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. Disponível em: <<http://web.cepea.com.br/>>. Acesso em: 17 mar. 2008.

CHEMCO. Disponível em: <<http://chemco.com.br/>>. Acesso em: 17 mar. 2008.

COLENBRABDER, V.F.; NOLLER C.H.; GRANT, R.J. Effect of fiber content and particle size of alfalfa silage on performance and chewing behavior. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 74, p. 2681-2681, 1991.

COPLACANA. Disponível em: <<http://web.cana.com.br/>>. Acesso em: 17 mar. 2008.

EZEQUIEL, J.M.B.; SILVA, O.G.C.; GALATI, R.L.; WATANABE, P.H.; BIAGIOLI, B.; FARTURI, C. Desempenho de novilhos nelore alimentados com casca de soja ou farelo de gérmen de milho em substituição parcial ao milho moído. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, p. 569-575, 2006.

FISCHER, V.; MÜHLBACH, P.R.F. Substituição do grão de milho por casca do grão de soja no desempenho de novilhas de corte confinadas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 5, p. 143-148, 1999.

GASTALDELO Jr., A.L.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; QUEIROZ, M.A.A.; GENTIL, R.S.; AMARAL, R.C. do. Bicarbonato de sódio e fontes de calcário em rações com alto teor de concentrado na terminação de cordeiros confinados. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, 2007. 1 CD-ROM.

GRANT, R.J. Interactions among forages and nonforage fiber sources. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 80, p. 1438-1446, 1997.

HASHIMOTO, J.H.; ALCALDE, C.R.; SILVA, K.T. DA; MACEDO, F.A.F. DE; MEXIA, A.A.; SANTELLO, G.A.; MARTINS, E.N.; MATSUSHITA, M. Características de carcaça e da carne de caprinos Boer x Saanen confinados recebendo rações com casca do grão de soja em substituição ao milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 165-173, 2007.

HSU, J.T.; FAULKNER, D.B.; GARLEB, K.A.; BARCLAY, R.A.; FAHEY JUNIOR, G.C.; BERGER, L.L. Evaluation of corn fiber, cottonseed hulls, oat hulls and soybean hulls as roughage sources for ruminants. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 65, p. 244-255, 1987.

IPHARRAGUERRE, I.R.; CLARK, J.H. Soyhulls as an alternative feed for lactating dairy cows: a review. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 86, p. 1052-2073, 2003.

LOUVANDINI, H.; NUNES, G.A.; GARCIA, J.A.S.; MCMANUS, C.; COSTA, D.M.; ARAÚJO, S.C. de. Desempenho, características de carcaça e constituintes corporais de

ovinos Santa Inês alimentados com farelo de girassol em substituição ao farelo de soja na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 603-609, 2007.

LUDDEN, P.A.; CECABA, M.J.; HENDRIX, K.S. The value soybean hulls as a replacement for corn in beef cattle diets formulated with or without added fat. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 73, p. 2706-2711, 1995.

MARQUES, A.V.M.S.; COSTA, R.G.; SILVA, A.M.A.; FILHO, J.M.P.; MADRUGA, M.S.; FILHO, G.E.L. Rendimento, composição tecidual e musculabilidade da carcaça de cordeiros Santa Inês alimentados com diferentes níveis de flor-de-seda na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 610-617, 2007.

MENDES, A.R.; EZEQUIEL, J.M.B.; GALATI, R.L.; GEITOSA, J.V. Desempenho, parâmetros plasmáticos e características de carcaça de novilhos alimentados com farelo de girassol e diferentes fontes energéticas, em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, p. 692-702, 2005.

MENDES, C.Q. **Silagem de cana-de-açúcar na alimentação de ovinos e caprinos: valor nutritivo, desempenho e comportamento ingestivo**. 2006. 104 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2006.

MERTENS, D.R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulação de rações. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES,; REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992. p.188-219.

_____. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 80, p. 1463-1481, 1997.

MFRURAL. Disponível em: <<http://web.mfrural.com.br/>>. Acesso em: 17 mar. 2008.

MOE, P.W. Energy metabolism of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 64, p. 1120-1139, 1981.

MURPHY, M.R.; KENNEDY, P.M.; WELCH, J.G. Passage and rumination of inert particles varying in size and specific gravity as determined from analysis of fecal appearance using multicompartament models. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 62, p. 481-492, 1989.

NAKAMURA, T.; OWEN, F.G. High amounts of soyhulls for pelleted concentrate diets. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 72, p. 988-994, 1989.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants**. Washington: National Academic Press, 2007. 292 p.

OLIVEIRA, M.V.M. de; PÉREZ, J.R.O.; ALVES, E.L.; MARTINS, A.R.V.; LANA, R.P. Rendimento de carcaça, mensurações e peso de cortes comerciais de cordeiros Santa Inês e Bergamácia alimentados com dejetos de suínos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, p. 1451-1458, 2002.

QUALIMIX. Disponível em: <<http://web.qualimix.com.br/>>. Acesso em: 17 mar. 2008.

RESTLE, J.; PASCOAL, L.L.; ROSA, J.R.P.; FREITAS, A.K. DE; FILHO, D.C.A.; BRONDANI, I.L.; PACHECO, P.S.; MENEZES, L.F.G. de. Fontes energéticas para bezerros de corte desmamados aos 80 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, p. 1136-1145, 2006.

ROCHA, M.H.M.; SUSIN, I.; PIRES, A.V.; FERNANDES JR., J.S.; MENDES, C.Q. Performance of Santa Ines lambs fed diets of variable crude protein levels. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, p. 141-145, 2004.

RODRIGUES, G.H.; SUSIN, I.; PIRES, A.V.; MENDES, C.Q.; ARAUJO, R.C. de; PACKER, I.U.; RIBEIRO, M.F.; GERAGE, L.V. Substituição do milho por polpa cítrica em rações com alta proporção de concentrado para cordeiros confinados. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, p. 789-794, 2008.

SARWAR, M.; FIRKINS, J.L.; EASTRIDGE, M.L. Effects of varying forage and concentrate carbohydrates on nutrient digestibilities and milk production by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 75, p. 1533-1542, 1992.

SAS INSTITUTE. **SAS systems for windows**: version 8. Cary, 1999.

TURINO, V.F.; SUSIN, I.; PIRES, A.V.; MENDES, C.Q.; MORAIS, J.B.; OLIVEIRA JUNIOR, R.C. Casca de soja na alimentação de cordeiros confinados: Desempenho e características da carcaça. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 8, p. 495-503, 2007.

TYRRELL, H.F.; REYNOLDS, P.J.; MOE, P.W. Effects of diet on partial efficiency of acetate use for body tissue synthesis by mature cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 48, p. 598 - 606, 1979.

URANO, F.S.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; RODRIGUES, G.H.; ARAUJO, R.C.; DE; MATTOS, W.R.S. Desempenho e características de carcaça de cordeiros confinados alimentados com grão de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 1525-1530, 2006.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

WEIDNER, S.J.; GRANT, R.J. Soyhulls as a replacement for forage fiber in diets for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 77, p. 513-521, 1994a.

_____. Altered ruminal mat consistency by high percentages of soybean hulls fed to lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 77, p. 522-532, 1994b.

YU, P.; HUBER, J.T.; SANTOS, F.A.P.; SIMAS, J.M.; THEURER, C.B. Effects of ground, steam-flaked, and steam-rolled corn grains on performance of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 81, p. 777-783, 1998.